

UNIVERSITÄT ZU LÜBECK
SEKTION INFORMATIK/TECHNIK

Festschrift
20 Jahre Informatik

(focus) uni lübeck Sonderheft 2013

IM FOCUS DAS LEBEN

Programm der Festveranstaltung am Donnerstag, 5. September 2013

Die Festveranstaltung findet im Audimax der Universität zu Lübeck statt

13:00 Uhr **Eröffnung und Begrüßung**

Begrüßung durch das Präsidium

Begrüßung durch den Vorsitzenden der Sektion Informatik/Technik

Grußworte

13:45 Uhr **Die Informatik in Lübeck: Von der Vergangenheit bis in die Zukunft**

Prof. Dr. Jürgen Eickel, Mitglied des Beirats für den Aufbau des Studiengangs Informatik

Prof. Dr. Dr. Siegfried J. Pöppl, Aufbaubeauftragter für den Studiengang Informatik

Prof. Dr. Stefan Kunis und Dr. Markus Hinkelmann, ehemalige Studenten

Prof. Dr. Stefan Fischer, Vorsitzender der Sektion Informatik/Technik

15:00 Uhr **Kaffeepause**

15:30 Uhr **Fachvorträge**

Prof. Dr. Joachim Hornegger, Universität Erlangen-Nürnberg

Prof. Dr. Manfred Broy, TU München

Prof. Dr. Christoph von der Malsburg, Universität Frankfurt

17:00 Uhr **Schlussworte**

ab 18:00 Uhr **Empfang und Feier im Multifunktionscenter**

Programm am Freitag, 6. September 2013

Institutsbesichtigungen und Rundgänge über den Campus

Das Programm finden Sie auch online unter: *http://www.uni-luebeck.de/20-jahre-informatik*

Inhalt

Das Titelfoto zeigt das Informatikgebäude im Jahr 2013 auf dem Campus Lübeck (Foto: René Kube).
Die Luftaufnahme auf Seite 9 zeigt den Campus der Universität zu Lübeck.

Liebe Leserin, lieber Leser,



die Lübecker Informatik gibt diese Festschrift aus Anlass des 20-jährigen Bestehens des Informatik-Studienganges an der Universität zu Lübeck heraus.

Am Beginn dieser Festschrift findet sich ein Beitrag von Prof. Dr. Volker Linnemann und Prof. Dr. Dr. Siegfried J. Pöppl, der die Entwicklung der Informatik in Lübeck nachzeichnet. Von den Anfängen bis zum heutigen Stand mit insgesamt 19 Professoren in 13 Instituten werden hier die verschiedenen Stationen der Informatik beleuchtet.

Im Mittelpunkt stehen jedoch die Beiträge der einzelnen Informatik- und Mathematik-Institute. Hier schildern die Institute den Werdegang des eigenen Instituts seit der Gründung. Die Institutsbeiträge sind in der Reihenfolge ihrer Gründung abgedruckt.

Am Anfang stand das Institut für Medizinische Informatik mit seinem Direktor Prof. Dr.-Ing. Dr. med. habil. Siegfried J. Pöppl. Dieses Institut bildete das Gründungsinstitut für die Lübecker Informatik. Prof. Dr. Dr. Siegfried J. Pöppl hat seit seiner Ernennung zum 1. August 1990 unermüdlich daran gearbeitet, ein Informatik-Studienfach in Lübeck zu etablieren. Ohne ihn gäbe es die Lübecker Informatik nicht. Nach seiner Pensionierung am 30. September 2008 wurde Prof. Dr. rer. nat. habil. Heinz Handels zum 1.4.2010 sein Nachfolger.

Das Institut für Medizintechnik mit Prof. Dr. rer. nat. Ewald Konecny als Direktor wurde zum 1. August 1992 als Stiftungsprofessur gegründet. Diese Professur wurde für den Zeitraum von 3 Jahren von der Lübecker Firma Dräger finanziert, bevor 1995 die vertragsgemäße Übernahme der Finanzierung als normales Universitätsinstitut durch das Land Schleswig-Holstein erfolgte. Dieses Institut wurde unter anderem als Schnittstelle zwischen den naturwissenschaftlich orientierten und Informatik-orientierten Instituten und der klinischen Forschung etabliert. Nach der Pensionierung von Prof. Dr. rer. nat. E. Konecny am 30. September 2003 wurde zum 1. Dezember 2006 Prof. Dr. rer. nat. Thorsten Buzug Direktor des Instituts für Medizintechnik.

Das erste explizit für den neuen Studiengang gegründete Institut war das zum 1. Dezember 1993 gegründete Institut für Informationssysteme. Als Direktor wurde Prof. Dr. rer. nat. Volker Linnemann berufen. Diesem Institut obliegt der Bereich Datenbanken und Informationssysteme in Forschung und Lehre.

Zum Wintersemester 1993/94 konnten die ersten 25 Studentinnen und Studenten ihr Informatik-Studium in Lübeck mit dem Nebenfach Medizinische Informatik beginnen.

Das zum 1. April 1994 gegründete Institut für Mathematik dient unter anderem der Mathematik-Ausbildung im neuen Studiengang Informatik. Da es bisher nur den Medizinstudiengang in Lübeck gab, war eine Neugründung eines Instituts für Mathematik erforderlich. Erster Direktor wurde Prof. Dr. rer. nat. Rupert Lasser. Nach seiner Wegberufung an die TU München zum 1. Mai 1997 wurde zum 1. April 2000 Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Prestin sein Nachfolger.

Ebenfalls zum 1. April 1994 wurde das Institut für Theoretische Informatik mit seinem Direktor Prof. Dr. math. Rüdiger Reischuk gegründet. Dieses Institut beschäftigt sich mit den theoretischen Grundlagen der Informatik in Forschung und Lehre. Ein besonderer Schwerpunkt ist hier die Komplexitätstheorie.

Das Institut für Technische Informatik besteht seit dem 1. Dezember 1994 mit dem Direktor Prof. Dr.-Ing. Erik Maehle. Es bearbeitet in Forschung und Lehre Themen der Architektur von Hardware/Software-Systemen sowie deren prototypische Implementierung und Evaluation.

Für das neu gegründete Institut für Telematik wurde zum 1. Januar 1996 Prof. Dr. rer. nat. Dieter Hogrefe als Direktor berufen. Der Begriff „Telematik" ist ein Kunstwort aus der Kombination von Telekommunikation und Informatik, d.h. die Telematik beschäftigt sich mit der Vernetzung von Computern jeglicher Art. Prof. Dr. rer. nat. Dieter Hogrefe folgte zum 1. Mai 2002 einem Ruf an die Universität Göttingen. Sein Nachfolger wurde zum 1. November 2004 Prof. Dr. rer. nat. Stefan Fischer.

Das Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen beschäftigt sich mit den Grundlagen der Softwareentwicklung. Es wurde zum 1. November 1996 mit der Berufung von Prof. Dr. rer. nat. Walter Dosch gegründet. Nach seinem Eintritt in den Ruhestand am 30. September 2009 wurde zum 1. August 2010 Prof. Dr. rer. nat. Martin Leucker Direktor des Instituts für Softwaretechnik und Programmiersprachen. Leider verstarb Prof. Dr. rer. nat. Walter Dosch am 10. August 2010 im Ruhestand.

Das Institut für Multimediale und Interaktive Systeme wurde zum 1. Februar 1997 mit dem Auftrag gegründet, mit dem Themenkomplex Multimedia, Interaktive Systeme und auch Visualisierung die Lübecker Informatik in Forschung und Lehre zu ergänzen. Der Direktor des Instituts ist Prof. Dr. rer. nat. Michael Herczeg.

Vor dem Hintergrund des Bedarfs an neuen Methoden für die Aufnahme, Weiterverarbeitung und Interpretation von Signalen, insbesondere im medizinischen Bereich, erfolgte zum 1. Februar 1998 die Einrichtung des Instituts für Signalverarbeitung und Prozessrechentechnik an der Lübecker Universität. Als Leiter wurde Prof. Dr.-Ing. Til Aach berufen. Nach seiner Wegberufung an die RWTH Aachen zum 1. Dezember 2004 wurde zum 1. November 2006 Prof. Dr.-Ing. Alfred Mertins sein Nachfolger. Leider starb Prof. Dr.-Ing. Til Aach am 16. Januar 2012 als Leiter des Lehrstuhls für Bildverarbeitung der RWTH Aachen.

Das Institut für Neuro- und Bioinformatik wurde zum 1. Oktober 1999 mit der Berufung seines Direktors Prof. Dr. rer. nat. Thomas Martinetz gegründet. Das Institut befasst sich mit den verschiedensten Aspekten der Informationsverarbeitung in biologischen Systemen.

Prof. Dr.-Ing. Achim Schweikard wurde zum 1. Oktober 2002 als Direktor an das neu gegründete Institut für Robotik und Kognitive Systeme berufen. Das Institut arbeitet auf dem Gebiet der medizinischen Robotik interdisziplinär zwischen Medizin, Informatik, Physik, Mathematik und den Ingenieurwissenschaften.

Das Institute of Mathematics and Image Computing besteht seit dem 1. Januar 2010. Die Arbeiten des Instituts befassen sich unter anderem mit mathematischen Methoden und praktischen Lösungen für Probleme im Bereich Bildgebender Verfahren mit einem Schwerpunkt im medizinischen Bereich. Als Direktor wurde Prof. Dr. rer. nat. Bernd Fischer an das Institut berufen. Gleichzeitig übernahm er die Leitung der Fraunhofer MEVIS Projektgruppe Image Registration. Mit großer Betroffenheit erfuhren wir im Oktober 2012 von einer schweren Erkrankung von Prof. Dr. rer. nat. Bernd Fischer. Prof. Dr. rer. nat. Jan Modersitzki übernahm daher zusätzlich Leitungsaufgaben für das Institut und für die Fraunhofer MEVIS Projektgruppe.

Kurz vor Redaktionsschluss dieser Festschrift erreichte uns die traurige Nachricht, dass Prof. Dr. rer. nat. Bernd Fischer am 15. Juli 2013 verstorben ist. Ein Nachruf von Universitätspräsident Prof. Dr. med. Peter Dominiak ist nach diesem Editorial abgedruckt.

Das Institut für Medizinische Elektrotechnik befindet sich zurzeit noch in der Gründung. Es ist eine Gemeinschaftseinrichtung der Universität zu Lübeck und Dräger Lübeck, gefördert durch die Jürgen-Wessel-Stiftung. Im Augenblick läuft das Berufungsverfahren für eine W3-Stiftungsprofessur. Der zukünftige Stelleninhaber wird der Leiter des Instituts werden. Das Institut soll interdisziplinäre Forschungsaktivitäten in Medizintechnik und Informatik aktiv mitgestalten und entsprechende Lehraufgaben übernehmen.

Im abschließenden Artikel von Kanina Botterweck geht es um den Technologie- und Wissenstransfer der Universität zu Lübeck.

Ich wünsche allen Lesern dieser Festschrift eine anregende und interessante Lektüre.

Mein besonderer Dank gilt den aktiven und ehemaligen Kollegen der Institute für Informatik und Mathematik sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Institute für ihre Beiträge und ihr Engagement für diese Festschrift.

Ganz besonders danke ich Frau Angela König und Herrn René Kube für ihren hervorragenden und selbstlosen Einsatz beim Zusammenstellen und Gestalten dieser Festschrift.

Lübeck, im Juli 2013

Prof. Dr. Volker Linnemann

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Fischer †

Nachruf von Universitätspräsident Prof. Dr. med. Peter Dominiak

Als wir im Oktober letzten Jahres die Nachricht von Bernd Fischers schwerer Erkrankung erhielten, waren wir alle sehr betroffen. Die Nachricht von seinem Tod am Montag, dem 15. Juli, gut einen Monat vor seinem 56. Geburtstag, hat uns alle erschüttert und sehr traurig gemacht.



Wir verlieren mit Bernd Fischer nicht nur einen sehr engagierten und beliebten Hochschullehrer, nicht nur einen weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannten und exzellenten Forscher, sondern vor allem einen liebenswerten, humorvollen und durch eine sehr positive Lebenseinstellung geprägten, unprätentiösen Menschen und sehr guten Freund.

Bernd Fischer hat es wie kein anderer verstanden, komplizierte und komplexe mathematische Prozesse allgemeinverständlich, mit Humor verpackt darzustellen, und er konnte sich wie ein Kind freuen, wenn ihm seine Zuhörer dafür Beifall spendeten. Die Bilder und Fotografien, die wir von ihm kennen, zeigen ihn immer freundlich lachend.

Bernd Fischer hat seine Universität zu Lübeck geliebt und viel für sie getan: Er war am Aufbau des Instituts für Mathematik beteiligt und hat nach der Berufung auf eine W3-Professur an der Universität zu Lübeck im Jahre 2010 sein eigenes Institut für Mathematics and Image Computing aufgebaut und gleichzeitig die Fraunhofer MEVIS Projektgruppe Bildregistrierung gegründet. Diese Projektgruppe ist verbunden mit dem Mutterinstitut Fraunhofer MEVIS in Bremen. Voller Stolz auf das mit seiner Arbeitsgruppe zusammen Erreichte, hat er mir im Sommer letzten Jahres sein neu bezogenes Domizil in der Maria-Goeppert-Straße am Carlebachpark im Hochschulstadtteil gezeigt und mir seine Visionen für die Zukunft von MEVIS geschildert.

Bernd Fischer war ein echter Norddeutscher, Schleswig-Holsteiner, bodenständig und seiner Heimat verbunden. Er stammte aus Büchen, in Mölln geboren, und hat in Hamburg Mathematik studiert. Sein Diplom in Mathematik und seine Promotion zum Dr. rer. nat. im Jahre 1987 hat er bei Professor Gerhard Opfer am Institut für Angewandte Mathematik der Universität Hamburg abgelegt. Es folgten Besuche an der Stanford University und der Purdue University in den USA. Die Habilitation schloss sich 1994 am selben Institut in Hamburg an.

Dann kam die Universität zu Lübeck in seinen Aktionsradius, damals noch Medizinische Universität zu Lübeck. An der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät trat Bernd Fischer eine Vertretungsprofessur für Mathematik an, damit die Universität den frisch etablierten Studiengang Informatik ordnungsgemäß durchführen konnte. Die Studentinnen und Studenten bewunderten schon damals sein didaktisches Geschick und verliehen ihm mehrfach die Auszeichnung des beliebtesten Dozenten der Fakultät. Die Kollegen konnten sich von seinen wissenschaftlichen Qualitäten überzeugen. Die für die Universität zu Lübeck logische Konsequenz war daher der Ruf auf eine C3-Professur für numerische Mathematik im Jahre 1996. Die Etablierung der Fraunhofer Projektgruppe im Jahr 2010 war nicht nur für unsere Universität ein Meilenstein, sondern ebenso ein nicht zu unterschätzender Gewinn für die Hansestadt Lübeck: Solche Institutsgründungen schaffen hochqualifizierte Arbeitsplätze und halten unsere jungen Wissenschaftler in der Hansestadt.

Bernd Fischer war auf seinem Gebiet in der mathematischen Bildverarbeitung ein echter Künstler: Er war in der Lage, aus verschiedenen zweidimensionalen Röntgen-, MRT- und CT-Aufnahmen mathematisch ein dreidimensionales Modell zu berechnen, mit dem Chirurgen exakt die Schnittführung bei der Operation eines Weichteilorgans wie Leber und Lunge festlegen konnten, ohne dabei wichtige Gefäße zu verletzen. Er gehörte damit zu den ganz wenigen Mathematikern auf der Welt, die eine enge Kooperation zu Chirurgen gesucht haben zum Vorteil vieler Patienten. Diese Möglichkeiten der translatio-

nalen Forschung hatte ihm die kleine Universität zu Lübeck bieten können, und er hat das immer dankbar zu schätzen gewusst. Seine Person stellte er dabei nie in den Vordergrund, er hob immer die gute Zusammenarbeit seiner Arbeitsgruppe hervor, die er für die Erfolge verantwortlich machte. Wenn er mich vorstellte, sagte Bernd Fischer immer: Das ist mein Chef, womit er die Anerkennung und den Dank an seine Universität ausdrücken wollte.

Ich werde immer an seine Vorträge denken, in denen er Snoopy von den Peanuts auf einem Gummituch demonstrierte und wie sich Nase, Gesicht und Figur Snoopys veränderten, wenn man an den Ecken des Gummituchs zog. Damit hat er uns Nicht-Mathematikern verdeutlichen können, wie leicht sich Weichteilorgane verformen können, wenn der Chirurg sie während der Operation umlagern und an ihnen schneiden muss und wie kompliziert die Berechnungen für ein dreidimensionales Modell dafür sein müssen. Die dem Modell zugrunde liegenden mathematischen Formeln habe ich eh nie verstanden.

Für Bernd Fischer stand immer die Hilfeleistung für den Patienten im Vordergrund, und diese war auch seine Motivation, die Forschung in der Bildverarbeitung voran zu treiben. Der letzte Vortrag, den ich von ihm vor seiner schweren Erkrankung gehört habe, fand im Dräger-Forum anlässlich der Stifterverbandstagung in Lübeck im letzten Herbst statt. Er berichtete von einer Möglichkeit, Parkinson-Patienten zu helfen, die mit einem in die Basalganglien versenkten Stimulationsgerät vor allem ihr starkes Zittern verlieren und damit wieder in die Lage versetzt werden, z.B. eine Tasse zu halten. Der Stimulator muss aber genau in das Zielgebiet eingebracht werden, was äußerst schwierig ist, da jedes Gehirn individuell verschieden ist.

Bernd Fischer hat mit seinen mathematischen Bildverarbeitungsmethoden eine neue Möglichkeit geschaffen, das Zielgebiet exakt zu lokalisieren. Er zeigte einen kleinen Film mit einem Parkinson-Patienten, vor und nach Implantation des Stimulators. Nach Anschalten des Stimulators verschwand augenblicklich das starke Zittern, und der Patient blickte strahlend ob des Erfolgs in die Kamera. Bernd Fischers Kommentar dazu war: „Sehen Sie, das ist unsere Motivation, sich mit den Problemen zu beschäftigen, darum machen wir das." So war Bernd Fischer, und mich hat das tief beeindruckt. Genauso beeindruckt hat mich auch sein optimistischer Umgang mit seiner schweren Erkrankung, über deren Bösartigkeit er voll informiert war. Ich habe ihn dafür bewundert.

Wie es sich für einen so produktiven Wissenschaftler gehört, hat Bernd Fischer zahlreiche Publikationen geschrieben, mehr als 100, und er war Editor vieler internationaler Fachzeitschriften.

Er hinterlässt seine Ehefrau, seine beiden Söhne und ein Enkeltöchterchen, denen unser tiefes Mitgefühl gilt.

Die Universität zu Lübeck, das Präsidium, Kolleginnen und Kollegen, seine Studentinnen und Studenten und ich werden immer voller Hochachtung und Stolz an ihn denken.

Peter Dominiak

Grußwort

Prof. Dr. Waltraud ‚Wara' Wende, Ministerin für Bildung und Wissenschaft



Sehr geehrte Damen und Herren,

Zwanzig Jahre Studiengang 'Informatik' an der Universität zu Lübeck, das ist Anlass genug, auf die Relevanz und den Erfolg des noch relativ jungen Studienfaches hinzuweisen. Mit der innovativen Verbindung von Informatik und medizinnaher Anwendung hat die Universität zu Lübeck Neuland in Lehre, Forschung und Entwicklung betreten - das ist gut so, der Erfolg spricht für sich!

Der an der Schnittstelle von Informatik und medizinnaher Anwendung angesiedelte Studiengang hat nicht allein bundesweit sondern auch international große Beachtung gefunden. Hier werden Schlüsseltechnologien der computergestützten Medizin zum Wohle der Patienten und Patientinnen und zur Unterstützung ärztlicher Arbeit entwickelt, wobei sich am Beispiel der bildgebenden Verfahren und der Analyse von Gen-Sequenzen die Dynamik dieses Bereichs ablesen lässt. Was heute möglich ist, war vor zwanzig Jahren nicht einmal vorstellbar.

Die Universität zu Lübeck eröffnet ihren Studierenden beste Zukunftsperspektiven. Der Bedarf an gut ausgebildeten Experten wie an innovativer Forschung auf diesem Feld ist enorm. Wesentlicher Baustein des Studiengangs ist dabei seine Interdisziplinarität, die sowohl die Forschung wie die Lehre charakterisiert. Zu den Schwerpunktfächern des Studiengangs gehören Robotik und Automation genauso wie Bioinformatik und Medieninformatik.

Der Studiengang ist 'innovativ' und zugleich 'exzellent', was sich universitätsintern im Lob der Studierenden und universitätsextern in diversen Hochschulrankings manifestiert. Auch der Erfolg der 'Graduate School for Computing in Medicine and Life Science', die im Rahmen der Exzellenzinitiative 5 Millionen Euro Fördergelder einwerben konnte, spricht für sich.

Ich bin mir sicher, dass die Universität zu Lübeck mit ihrem Studiengang 'Informatik' auch weiterhin Maßstäbe setzen und Zukunftsperspektiven schaffen wird.

Allen Lehrenden und Lernenden wünsche ich viel Erfolg!
Ihre
Waltraud ‚Wara' Wende

Grußwort des Präsidenten der Universität zu Lübeck



Während sich die Universität anschickt, im kommenden Jahr ihr 50jähriges Jubiläum zu feiern, macht das jetzt anstehende Datum von 20 Jahren Informatik in Lübeck deutlich, einen wie umfangreichen Anteil dieses nach Wissenschaftsbegriffen noch sehr junge Fach an den Geschicken und der Entwicklung unserer Universität bereits hat.

Dass 1993 an einer damals Medizinischen Universität eine zusätzliche und ganz neue Fachrichtung eingerichtet wurde, war eine ausgesprochen visionäre und weitblickende Entscheidung. Sie öffnete die Tore nicht nur für neue Lehrstühle und Studiengänge, sondern, was sich als die viel durchgreifendere Kraft erweisen sollte, für neue Menschen und Denkweisen. Medizin und Informatik, die in Forschungsfragestellungen und technischen Entwicklungen so eminent fruchtbare Verbindungen eingehen können, repräsentieren zugleich ganz unterschiedliche Wissenschaftskulturen.

Wollte man es in eine Zeichnung fassen, würde man mit einem Augenzwinkern den Halbgott in Weiß und den Computer-Nerd nebeneinanderstellen. Dass sich beide verständigen und sogar verstehen können, hat die Entwicklung in Lübeck auf eine geradezu beispielhafte Weise gezeigt.

Die Informatik ist heute an der Universität ein integraler Bestandteil nicht nur auf dem Campus, sondern für eine Vielzahl wissenschaftlich hoch interessanter, oftmals fächerübergreifender Forschungsprojekte und für ausgesprochen attraktive und perspektivenreiche Studienrichtungen. Für die Universität war der Aufbau der Informatik der Treibsatz, der die Erweiterung des Fächerspektrums eröffnete, die noch lange nicht abgeschlossen ist.

Für die Dynamik, das persönliche Engagement, die Kooperationsfreudigkeit und den frischen Wind, den die Informatikerinnen und Informatiker in diesen 20 Jahren mitgebracht haben, danke ich im Namen der gesamten Universität. Wir sind gemeinsam auf einem guten Weg. Lassen Sie uns das aus Anlass dieses Jubiläums gehörig feiern.

Lübeck, im Juni 2013

Prof. Dr. Peter Dominiak
Präsident der Universität zu Lübeck

Grußwort des Bürgermeisters der Hansestadt Lübeck



Informatik ist allgegenwärtig und prägender Teil unseres Alltags. Informatik als die Lehre von der systematischen und maschinellen Verarbeitung von Daten und Informationen bestimmt unsere Arbeit, unsere Mobilität, unser Wohnen und zunehmend auch unseren Freizeitbereich. Informatik erweitert die Leistungsfähigkeit des Menschen, weil uns die elektronischen Hilfsmittel in die Lage versetzen, vieles schneller und genauer tun zu können, als es uns sonst möglich wäre. Insbesondere aufwändige medizinische Diagnostik und Behandlung sind ohne den Einsatz und die Nutzung der Informatik heute nicht mehr denkbar. Es war daher sehr weitsichtig, 1993 an der damaligen Medizinischen Universität zu Lübeck einen bodenständigen Informatik – Studiengang mit einer starken medizinischen Anwendungskomponente zu etablieren.

Seit ihrer Gründung vor etwa 49 Jahren ist die Universität zu Lübeck fest mit der Hansestadt Lübeck verbunden und stellt im nationalen und internationalen Hochschulvergleich eine feste und anerkannte Größe dar. Der seit nunmehr 20 Jahren in das Fächerspektrum der Universität integrierte Studiengang Informatik bietet eine exzellente praxisnahe Ausbildung und anwendungsorientierte Forschung auf höchstem Niveau. Informatik ist auch und vor allem eine innovative Schubkraft für alle Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft und damit auch der Garant für neue, zukunftssichere Arbeitsplätze im globalen Wettbewerb. Quer durch alle Branchen hilft sie, Arbeitsprozesse zu vernetzen und den Ressourceneinsatz effizienter zu gestalten. Ihre Bedeutung als Motor und Rückgrat der Wirtschaft ist überaus hoch einzuschätzen.
So bieten sich den Lübecker Studierenden die bestmöglichen Chancen für ihre berufliche Zukunft. Gut ausgebildete Informatiker gehören heute zu den gesuchtesten Fachkräften auf dem nationalen und internationalen Arbeitsmarkt.
Lübecker Unternehmen bieten sich hier die besten Chancen beim Werben um gute Absolventen, denn wenn die Universität vor Ort motivierte und hochqualifizierte Informatiker ausbildet, die schon während ihres Studiums die Hansestadt Lübeck kennen- und lieben gelernt haben, liegt es nahe, dass einige nach ihrem Examen dann auch in Lübecker Unternehmen ihre Berufslaufbahn beginnen werden.

In den nächsten 10 Jahren erwartet man einen weiter steigenden Bedarf an Informatikern und Wirtschaftsinformatikern, deren Kompetenz und Expertise entscheidende Faktoren für den technischen Fortschritt mit seinen weitreichenden wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen sind. Ich gratuliere der Lübecker Informatik zu 20 Jahren erfolgreicher Arbeit und wünsche für die Zukunft eine weiterhin so gute Entwicklung wie in der Vergangenheit.

Lübeck, im Juni 2013

Bernd Saxe
Bürgermeister



20 Jahre Informatik an der Universität zu Lübeck

Volker Linnemann, Siegfried J. Pöppl

1. Vom Diplomstudiengang zu den Bachelor/Master-studiengängen

Im Januar 1987 wurde unter Vorsitz des Dekans Univ.-Prof. Dr. med. W. Kühnel der damaligen Fakultät Vorklinisch-naturwissenschaftliche Medizin eine sogenannte "kleine Kommission" für die Errichtung eines Diplomstudienganges Medizin-Informatik gemeinsam mit der Fachhochschule eingerichtet. Grund dafür war ein Bericht des Planungsausschusses für den Hochschulbau.

Am 27.02.1990 hat die Landesregierung Schleswig-Holstein den Aufbau ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge an beiden Universitäten des Landes beschlossen. Im selben Jahr erfolgte die Anmeldung zum 21. Rahmenplan beim Wissenschaftsrat.

Am 1. August 1990 nahm Herr Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. med. habil. S. J. Pöppl als Direktor des Instituts für Medizinische Informatik seine Tätigkeit auf. Ihm wurde die Aufgabe des Aufbaubeauftragten der Universität für den neuen Diplomstudiengang übertragen.

Im Herbst 1990 hat die Landesregierung eine Gründungskommission in Kiel eingesetzt und parallel dazu einen Sachverständigenkreis zur Entwicklung einer Konzeption der Studien- und Forschungsmöglichkeiten in Lübeck berufen.

In diesem Zusammenhang wurden folgende Papiere erarbeitet und dem Wissenschaftsrat übermittelt:

- Der Antrag des Landes zum 21. Rahmenplan für den Hochschulbau vom Februar 1991
- Die Grundsatzpapiere der beiden Universitäten vom Februar bzw. August 1991

Im Herbst 1991 nahm die Arbeitsgruppe "Technische Fakultäten" des Wissenschaftsrates ihre Arbeit auf. Nach ersten Sitzungen in Kiel und Lübeck am 1. und 2. November 1991 fasste die Arbeitsgruppe ihre Beschlüsse in einem Fragenkatalog vom 22.11.1991 zusammen.

Die ausführliche Beantwortung des Fragenkataloges umfasste 40 Seiten und wurde im Januar 1992 an den Wissenschaftsrat übermittelt.

Inzwischen war auch der Landeshochschulplan für Schleswig-Holstein mit Stand vom September 1991 verabschiedet, der den Ausbauwillen des Landes für den Aufbau ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge noch einmal bekräftigte.

Vollständig überarbeitete Antragsunterlagen einschließlich eines nach Kapazitätsverordnungen begründeten Studienplanes waren Gegenstand der 2. Sitzung der Arbeitsgruppe des Wissenschaftsrates am 2. März 1992 in München. An dieser Sitzung nahmen für das Land Schleswig-Holstein Staatssekretär Dr. Kreyenberg, Prof. Dr. Föll, CAU Kiel, Prof. Dr. Dr. Pöppl, MUL Lübeck sowie Prof. Dr. Eickel, TU München, teil.

Aus einem Vermerk von Herrn Staatssekretär Dr. Kreyenberg vom 5. März 1992 über diese Sitzung darf zitiert werden:

"Die Sitzung in München am 2. März 1992, die als abschließende Sitzung gedacht war, gestaltete sich schwierig. Wir sind mit unseren Anträgen allerdings nach zeitraubenden und zähen Auseinandersetzungen einen großen Schritt weitergekommen, der die Erwartungen zulässt, dass beide Vorhaben genehmigt werden."

"Aufgrund der Anregungen der Arbeitsgruppe des Wissenschaftsrates war das Konzept für Lübeck etwas modifiziert worden. Der Schwerpunkt des Studienganges ist jetzt auf der Seite der Medizinischen Informatik und weniger auf dem Gebiet der Elektrotechnik. Die Arbeitsgruppe des Wissenschaftsrates hat dies dem Grunde nach befürwortet und noch um einige Modifikationen bei der Ausrichtung der Lehrstühle gebeten. Wir sind gebeten worden, nochmals die Ausrichtung insgesamt im Zusammenhang darzustellen."

"Unsere Darstellung muss bis Ende März 1992 beim Wissenschaftsrat sein. Die Arbeitsgruppe wird letztmalig am 20./21. Mai 1992 zusammentreten. Unser Argument, man möge doch dem Antragsteller Schleswig-Holstein auch ein Ende der Geduldsprobe zumuten, wurde akzeptiert. Die endgültige Entscheidung soll in der Juli-Sitzung des Wissenschaftsrates in Bremen gefällt werden."

Nachdem inzwischen die Antragsunterlagen auf nahezu 2000 Seiten angewachsen waren (einschließlich der neuen

Stellungnahme) überraschte der Wissenschaftsrat in seiner Sitzung in Bremen vom 01. bis 03.07.1992 mit einer ausführlichen und stellenweise kontroversen Diskussion über die Frage, ob ein weiterer Ausbau der Universitäten durch eine Neueinrichtung, wie die Technischen Fakultäten, mit dem vorrangigen wissenschaftspolitischen Ziel eines deutlichen Ausbaus der Fachhochschulen vereinbar sei.

Er wies dabei auf die noch andauernde Beratung seiner Arbeitsgruppe zum Umfang und Struktur des Hochschulsystems hin und stellte eine Beschlussfassung über die von der Arbeitsgruppe "Technische Fakultäten" erarbeitete Stellungnahme zurück.

Allerdings wurde auch festgestellt, dass das Land Schleswig-Holstein auf der Basis der Empfehlung des Entwurfs der Stellungnahme seine Planungen für die Medizinische Universität zu Lübeck fortsetzen kann.

Eine abschließende Beratung der Stellungnahme selbst wird erst dann erfolgen, wenn die Ergebnisse aus der Arbeitsgruppe "Umfang und Struktur des Hochschulsystems" vorliegen. Eine endgültige Entscheidung soll daher in der Januarsitzung 1993 erfolgen.

Der o.g. Hinweis des Wissenschaftsrates wurde daher zum Anlass genommen, einen Beirat der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Medizinischen Universität zu Lübeck zur Einführung eines Diplomstudienganges Informatik einzurichten.

Mitte 1992 wurden folgende Damen und Herren in den Beirat berufen:

- Herr Dr. R. Asche, Hauptgeschäftsführer der Industrie- und Handelskammer zu Lübeck,
- Herr Prof. Dr. H. Burkhardt, Leiter der Technischen Informatik I der TU Hamburg-Harburg,
- Herr Dr. Ch. Dräger, Vorsitzender des Vorstandes der Drägerwerke AG Lübeck,
- Herr Prof. Dr. J. Eickel, Leiter des Instituts für Informatik der TU München,
- Herr Prof. Dr. H. Föll, Technische Fakultät Universität Kiel, Lehrstuhl für Allgemeine Materialwissenschaft,
- Frau Prof. Dr. Dr. I. Guggenmoos-Holzmann†, Leiterin des Instituts für Medizinische Statistik und Informationsverarbeitung der FU Berlin,
- Herr Prof. Dr. K. Hantzschmann, Leiter des Fachbereichs Informatik der Universität Rostock,
- Herr Prof. Dr. F. Krückeberg†, Leiter des Instituts II der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, St. Augustin,
- Herr Prof. Dr. G. Krüger, Leiter des Instituts für Telematik der Universität Karlsruhe,
- Herr Prof. Dr. H. Niemann, Leiter des Lehrstuhls für Informatik 5 der Universität Erlangen-Nürnberg und
- Herr Dr. E. Schulz, Vorsitzender des Vorstandes der Firma L. Possehl & Co. mbH, Lübeck.

In seiner konstituierenden Sitzung am 10. November 1992 empfahl der Beirat einstimmig bereits die Einsetzung von zwei Berufungskommissionen wie folgt:

- eine Kommission für die Berufung der ersten beiden Mathematik-Professuren (C4 und C3)
- eine Kommission für die Berufungen der Informatik-Professuren (3 x C4).

Laut Satzung unterstützt und berät der Beirat den Aufbaubeauftragten der Universität.

Inzwischen hat der Beirat weitere 11 Male getagt, die letzte Sitzung fand im Juli 1998 statt. Die Empfehlungen des Beirats und insbesondere seine Unterstützung in schwierigen Lagen waren für den Aufbau des Studienganges unverzichtbar.

Allen damals Beteiligten ist noch die große Freude in Erinnerung, als der 1991 gestellte Antrag vom Wissenschaftsrat in seiner Stellungnahme vom 22. Januar 1993 positiv beschieden wurde.

In der Pressemitteilung des Wissenschaftsrates erschien folgender Text:

"Den Plänen des Landes für die Medizinische Universität Lübeck im Rahmen der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät einen Studiengang Informatik mit der Vertiefungsrichtung Medizininformatik und 120 Studienanfängerplätzen aufzubauen, stimmt der Wissenschaftsrat zu. Er sieht an der Schnittstelle zwischen Medizin und Informatik unter Einbeziehung von Teilen der Elektrotechnik anhaltenden Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Vom Aufbau eines entsprechenden universitären Studienganges verspricht er sich überregionale Attraktivität und Signalwirkung. Die Komplexität der Aufgaben der Informationsverarbeitung in der Medizin erfordert vom Absolventen dieses Studienganges theoretisches Rüstzeug sowie Vertrautheit mit den methodischen Grundlagen der Informatik und Grundkenntnisse aus den verschiedenen Bereichen der Medizin.

Die geplante breite Fundierung des grundständigen Studienganges Medizinische Informatik in der Medizin ist in Deutschland neu und besitzt als Konzept Modellcharakter.

Den darüber hinausgehenden Planungen des Landes zum

Aufbau der Vertiefungsrichtung Medizintechnik an der Medizinischen Universität Lübeck stimmt der Wissenschaftsrat nicht zu; er empfiehlt statt dessen, diesen Technikbereich verstärkt an der Fachhochschule Lübeck aufzubauen und in diesem Zusammenhang einen Teil der für die Universität geplanten Stellen künftig zusätzlich an der Fachhochschule einzurichten.

Auf diese Weise sollte das Gesamtkonzept des Landes am Standort Lübeck realisiert werden, zumal bereits jetzt zwischen beiden Hochschulen eine gute Kooperation besteht."

Inzwischen waren die Ausschreibungen für die ersten Professuren erschienen. Die Ausschreibung vom 08.01.1993 in der Wochenzeitschrift DIE ZEIT ist in Abb. 1 gegeben.

In der zweiten Sitzung des Beirates am 21. April 1993 berichten die Vorsitzenden der Berufungskommissionen über die überraschend hohe Anzahl und ausgezeichnete Qualität der Bewerbungen.

Prof. Dr. Trautwein berichtet, dass für die C4-Professur in der Mathematik 99, für die C3-Professur 69 Bewerbungen eingegangen sind. Prof. Dr. Dr. Pöppl berichtet, dass für die 3 C4-Professuren in Informatik 101 Bewerbungen eingegangen wären, davon 27 für Theoretische Informatik, 33 für Technische Informatik und 41 für Praktische Informatik.

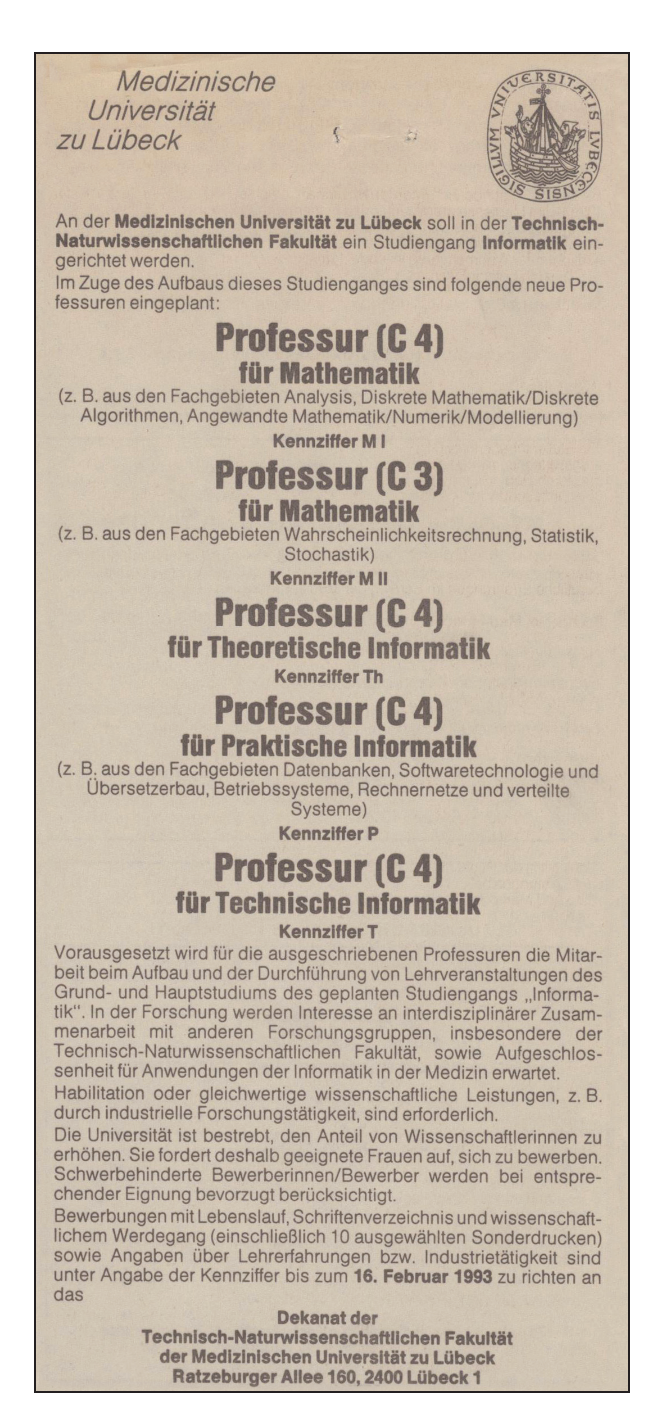
Vor diesem Hintergrund ermutigt der Beirat die Medizinische Universität zu Lübeck erneut, wenn irgendwie möglich, mit dem Diplomstudiengang Informatik im Wintersemester 1993/94 zu beginnen.

Wegen der ausgezeichneten Bewerberlage wurde beschlossen, aus den Bewerbungen für die C4-Professur Praktische Informatik nicht nur eine Professur, sondern bereits zwei C4-Professuren aus den Fachgebieten Datenbanksysteme/Informationssysteme einerseits und Telematik andererseits zu besetzen. Es gelang, das Ministerium von dieser Idee zu überzeugen und zwei Rufe parallel zu erteilen.

In der Tat konnte erreicht werden, dass der Diplomstudiengang Informatik mit dem Nebenfach Medizinische Informatik im Wintersemester 1993/94 seinen Lehrbetrieb aufnahm. Hatten sich 1993/94 29 Studentinnen und Studenten eingeschrieben, liegt die Zahl der Neueinschreibungen im Wintersemester 1996/97 bereits bei 78.

Abb. 2 zeigt die 25 Studierenden des ersten Erstsemesters des Studiengangs Informatik an der Medizinischen Universität zu Lübeck zusammen mit verschiedenen Persönlichkeiten.

Der Diplomstudiengang Informatik begann im Wintersemester 1993/94 zunächst nur mit dem Nebenfach Medizinische Informatik. Die Vorlesungen dieses Nebenfachs übernahmen Prof. Dr. Dr. Siegfried J. Pöppl sowie Kollegen aus Medizin und Naturwissenschaften. Die Berufungsverhandlungen für die C4-Professur Praktische Informatik/Informa-


Medizinische Universität zu Lübeck

SIGILLUM UNIVERSITATIS LUBECENSIS

An der **Medizinischen Universität zu Lübeck** soll in der **Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät** ein Studiengang **Informatik** eingerichtet werden.
Im Zuge des Aufbaus dieses Studienganges sind folgende neue Professuren eingeplant:

Professur (C 4)
für Mathematik
(z. B. aus den Fachgebieten Analysis, Diskrete Mathematik/Diskrete Algorithmen, Angewandte Mathematik/Numerik/Modellierung)
Kennziffer M I

Professur (C 3)
für Mathematik
(z. B. aus den Fachgebieten Wahrscheinlichkeitsrechnung, Statistik, Stochastik)
Kennziffer M II

Professur (C 4)
für Theoretische Informatik
Kennziffer Th

Professur (C 4)
für Praktische Informatik
(z. B. aus den Fachgebieten Datenbanken, Softwaretechnologie und Übersetzerbau, Betriebssysteme, Rechnernetze und verteilte Systeme)
Kennziffer P

Professur (C 4)
für Technische Informatik
Kennziffer T

Vorausgesetzt wird für die ausgeschriebenen Professuren die Mitarbeit beim Aufbau und der Durchführung von Lehrveranstaltungen des Grund- und Hauptstudiums des geplanten Studiengangs „Informatik". In der Forschung werden Interesse an interdisziplinärer Zusammenarbeit mit anderen Forschungsgruppen, insbesondere der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, sowie Aufgeschlossenheit für Anwendungen der Informatik in der Medizin erwartet.
Habilitation oder gleichwertige wissenschaftliche Leistungen, z. B. durch industrielle Forschungstätigkeit, sind erforderlich.
Die Universität ist bestrebt, den Anteil von Wissenschaftlerinnen zu erhöhen. Sie fordert deshalb geeignete Frauen auf, sich zu bewerben. Schwerbehinderte Bewerberinnen/Bewerber werden bei entsprechender Eignung bevorzugt berücksichtigt.
Bewerbungen mit Lebenslauf, Schriftenverzeichnis und wissenschaftlichem Werdegang (einschließlich 10 ausgewählten Sonderdrucken) sowie Angaben über Lehrerfahrungen bzw. Industrietätigkeit sind unter Angabe der Kennziffer bis zum **16. Februar 1993** zu richten an das

Dekanat der
Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Medizinischen Universität zu Lübeck
Ratzeburger Allee 160, 2400 Lübeck 1

Abb. 1: *Ausschreibung der ersten Professuren für den Studiengang Informatik*



Abb. 2: *Foto zur Eröffnung des Diplomstudienganges Informatik am 25. Oktober 1993.*

Namen der Persönlichkeiten mit Funktion und Titel von links vorn:

1. PD Dr. M. Voit (Vertretung der C4-Professur Mathematik)
2. Prof. Dr. A. X. Trautwein (Direktor des Instituts für Physik)
3. Dr. U. Stier (Geschäftsführer des Beirats der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät für den Studiengang Informatik)
4. Dr. H.-M. Teichert (Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation)
5. Prof. Dr. V. Linnemann (Lehrauftrag, ab 1.12.1993 Vertretung einer C4-Professur Praktische Informatik)
6. Dr. B. Fischer † (Vertretung der C3-Professur Mathematik)
7. Prof. Dr. Dr. h. c. G. Krüger (Vorsitzender des Beirats der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät für den Studiengang Informatik)
8. Dr. D. Swatek (Staatssekretär im Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Kultur und Sport)
9. Prof. Dr. Dr. S. J. Pöppl (Universitätsbeauftragter für den Studiengang Informatik, Prodekan der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät und Direktor des Instituts für Medizinische Informatik)
10. Prof. Dr. W. Henkel (Rektor der Medizinischen Universität Lübeck)
11. Prof. Dr. H. Niemann (Mitglied des Beirats der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät)
12. Prof. Dr. J. Eickel (Stellvertretender Vorsitzender des Beirats der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät)

In den hinteren Reihen 25 Studierende des ersten Erstsemesters des Diplomstudiengangs Informatik.

tionssysteme mit Prof. Dr. Volker Linnemann aus Würzburg waren im Oktober 1993 so weit fortgeschritten, dass er ab 1. November 1993 die Vorlesung Einführung in die Informatik I mit Übungen übernehmen konnte, zunächst als Lehrauftrag und ab 01.12.1993 als Vertreter der C4-Professur Praktische Informatik/Informationssysteme. Professor Linnemann war damals im Informatik/Mathematik – Teil der einzige Dozent mit einem Ruf auf die entsprechende Professur. Die anderen Berufungsverfahren waren noch nicht so weit, dass sich eine vorläufige Professurvertretung hätte ergeben können. Die Analysis I - Vorlesung mit Übungen wurde daher von PD Dr. Michael Voit im Rahmen einer C4-Professur-Vertretung gehalten. Herr Voit ist heute Professor an der Universität Dortmund. Die Lineare Algebra - Vorlesung mit Übungen übernahm Dr. Bernd Fischer von der Universität Hamburg im Rahmen einer C3-Vertretung. Dr. Bernd Fischer wurde einige Zeit später, zum 01.03.1996, auf eine C3-Professur in Lübeck berufen, um dann am 01.06.2010 eine W3-Professur in Lübeck verbunden mit der Leitung des Institute of Mathematics and Image Computing und der Leitung der Fraunhofer MEVIS Projektgruppe Image Registration zu übernehmen. Prof. Dr. Bernd Fischer verstarb am 15.07.2013.

Studiengang Informatik
Stundenplan Wintersemester 1993 / 94

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
8 - 9				Analysis I H 1	Lineare Algebra I H 1
9 - 10		Lineare Algebra I H 1	Übungen Analysis I H 1		
10 - 11				Übungen Informatik I H 1	Einführung Informatik I H 4
11 - 12			Übungen lineare Algebra I H 1		
12 - 13	Übungen Analysis I H 2				Übungen Informatik I H 1
13 - 14		Analysis I T 1 (Transitorium)		Einführung Informatik I V 1	
14 - 15					
15 - 16	Übungen lineare Algebra I H 4		Med. Terminologie V 2	Anatomie I Haus 63 (Mikroskopiersaal)	
16 - 17		Grundlagen Med. Informatik I H 1			
17 - 18					
18 - 19					

Abb. 3: *zeigt den Stundenplan im ersten Semester*

Zum Wintersemester 1996/97 wurde das Fach Elektrotechnik als weiteres mögliches Nebenfach eingeführt. Die Elektrotechnik-Lehrveranstaltungen wurden von der FernUniversität Hagen durchgeführt. Zum Wintersemester 1997/98 kam dann das Nebenfach Bioinformatik/Biomathematik hinzu. Das Nebenfach Medieninformatik begann im Wintersemester 1999/2000. Es wird maßgeblich vom Institut für Multimediale und Interaktive Systeme getragen.

Am 14. Mai 1998 hat der Fakultätentag Informatik seine Frühjahrssitzung in Lübeck abgehalten. Bei dieser Gelegenheit konnte sich die Lübecker Informatik vorstellen und ihren Antrag auf Vollmitgliedschaft begründen. Nach einer Begehung durch die Aufnahmekommission im Juli 1998 hat der Fakultätentag dann in seiner Sitzung im November 1998 die Lübecker Informatik als Vollmitglied aufgenommen.

Diese Aufnahme in den Fakultätentag war für den Diplomstudiengang das, was man heute im Bachelor/Mastersystem Akkreditierung nennt, mit dem Unterschied, dass außer Reisekosten für die Begehung durch externe Professoren keine Kosten entstanden sind. Eine Aufnahme in den Fakultätentag bedeutete, dass das Vordiplom bundesweit ohne weitere Auflagen an anderen Universitäten anerkannt wurde und daher ein Universitätswechsel nach dem Vordiplom sehr einfach war. Davon ist man im Bachelor/Mastersystem heute leider noch etwas entfernt. Ein Bachelor-Abschluss wird heute selbst nach einer Akkreditierung nicht notwendigerweise bundesweit ohne Auflagen anerkannt.

Der wissenschaftliche Beirat für den Aufbau des Studiengangs Informatik hatte seine letzte Sitzung am 3. Juli 1998. In dieser Sitzung stellte der Vorsitzende des Beirats, Herr Prof. Dr. Dr. h. c. Gerhard Krüger, fest, dass er die Lübecker Informatik als eine geglückte hochschulpolitische Initiative und einen wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Gewinn für das Land Schleswig-Holstein ansieht.

Am 3. Juli 1998 verlieh die Technisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Medizinischen Universität zu Lübeck drei Professoren für ihre wissenschaftlichen Leistungen und ihren besonderen Anteil am Aufbau des Studiengangs Informatik die Ehrendoktorwürde. Zum Dr. rer. nat. h. c. (honoris causa) wurden Prof. Dr. Jürgen Eickel, TU München, Prof. Dr. Dr. h. c.

Gerhard Krüger, Universität Karlsruhe (TH), und Prof. M.S. Dipl.-Ing. Rudolf Taurit, Fachhochschule Lübeck, ernannt.

Für den Diplomstudiengang sind Prof. Dr. Volker Linnemann (13. Juli 1994 bis 11. Juni 2002 und ab 7. Juli 2004) sowie Prof. Dr. Thomas Zeugmann (12. Juni 2002 bis 31. März 2004) als Prüfungsausschussvorsitzende verantwortlich. Die Funktionen eines offiziellen Studiengangsleiters sowie eines Studiengangskoordinators, so wie sie für den Bachelor/Masterstudiengang etabliert wurden, gibt es im Diplomstudiengang nicht.

Parallel zum Diplomstudiengang Informatik wurde zum Wintersemester 2000/01 ein Bachelorstudiengang Informatik begonnen. Dieser Studiengang hatte anfangs die Ergänzungsfächer Medizinische Informatik, Biomathematik/Bioinformatik und Medieninformatik. Da das Nebenfach Elektrotechnik im Diplomstudiengang nur sehr gering nachgefragt wurde, gab es im Bachelorstudiengang Informatik kein Ergänzungsfach Elektrotechnik. Der Bachelorstudiengang Informatik wurde nach Erfüllung einiger weniger Auflagen am 24.09.2002 bis zum 29.01.2007 akkreditiert.

Zum Wintersemester 2007/08 erfolgten einige Änderungen im Bachelorstudiengang Informatik. Die 4 Veranstaltungen Informatik I, Informatik II, Informatik III, Informatik IV wurden umbenannt in Programmieren, Algorithmen und Datenstrukturen, Betriebs- und Kommunikationssysteme und Theoretische Informatik. Darüber hinaus wurde eine Veranstaltung Logik für Informatiker vorgesehen und es wurde das neue Ergänzungsfach Robotik und Automation eingeführt. Dieses Ergänzungsfach wird maßgeblich von den Instituten für Technische Informatik und für Robotik und Kognitive Systeme getragen. Am 28.09.2007 erfolgte die Reakkreditierung befristet bis zum 30.09.2015.

Für den Bachelor- und für den Masterstudiengang ist Prof. Dr. Rüdiger Reischuk als Studiengangsleiter und Prüfungsausschussvorsitzender verantwortlich. Frau Dr. Annette Stümpel ist die Studiengangskoordinatorin.

Zum Wintersemester 2005/06 wurden die letzten Anfänger im Diplomstudiengang Informatik eingeschrieben. Der Lehrbetrieb im Diplomstudiengang endete am 30.09.2012.

Mit der Einführung eines eigenständigen Bachelorstudiengangs Medizinische Informatik zum Wintersemester 2011/12 wurde das Ergänzungsfach Medizinische Informatik im Bachelorstudiengang Informatik eingestellt. Der neue Bachelorstudiengang Medizinische Informatik ist vom 30.09.2011 bis 30.09.2015 akkreditiert und hatte zum Wintersemester 2011/12 58 und zum Wintersemester 2012/13 57 Anfänger. Abb. 4 zeigt die Studienanfänger zum Start des neuen Bachelorstudiengangs Medizinische Informatik im Oktober 2011. Verantwortlich für diesen neuen Studiengang ist Prof. Dr. Heinz Handels als Studiengangsleiter und Prüfungsaus-



Abb. 4: *Foto zur Eröffnung des Bachelorstudiengangs Medizinische Informatik mit den Studienanfängern des ersten Jahrgangs im Wintersemester 2011/12. Am linken Bildrand: Prof. Dr. Heinz Handels, Leiter des Bachelorstudiengangs Medizinische Informatik Am rechten Bildrand: Dipl.-Inform. Dr. med. Jan-Hinrich Wrage, Koordinator des Bachelorstudiengangs Medizinische Informatik*

schussvorsitzender. Dipl.-Inform. Dr. med. Jan-Hinrich Wrage ist der Studiengangskoordinator. Ein auf dem Bachelorstudiengang Medizinische Informatik aufbauender Masterstudiengang ist für das Wintersemester 2014/15 geplant. Dann wird es die ersten Bachelorabsolventen aus Lübeck geben.

Zum Wintersemester 2011/12 wurde im Bachelorstudiengang Informatik als Ersatz für das weggefallene Ergänzungsfach Medizinische Informatik ein neues Ergänzungsfach IT-Sicherheit und Zuverlässigkeit eingeführt.

Der Masterstudiengang Informatik wurde zum Wintersemester 2003/04 aufgenommen. Er wurde am 18.03.2005 bis zum 17.03.2006 akkreditiert. Eine Reakkreditierung erfolgte am 29.09.2005 bis zum 31.10.2010. Die letzte Reakkreditierung fand am 28.09.2007 bis zum 30.09.2015 statt. Die vorzeitigen Reakkreditierungen waren wegen umfangreicher Änderungen am Curriculum erforderlich.

Die Informatik in Lübeck wurde während ihrer 20-jährigen Geschichte in der Informatik in Deutschland immer stärker wahrgenommen. Das führte dazu, dass Lübeck im Jahr 2009 der Austragungsort für die größte Informatik-Tagung in Deutschland, die GI Jahrestagung 2009 (GI 2009), wurde. Die Tagung wurde federführend organisiert von Prof. Dr. Stefan Fischer, Prof. Dr. Erik Maehle und Prof. Dr. Rüdiger Reischuk. Diese Tagung hatte, passend zum Austragungsort, das Motto „Im Focus das Leben". Diese Tagung behandelte die folgenden Themen: Informatik und Lebenswissenschaften, Informatik in Medizin, Informatik und Gesellschaft, Technische Informatik, Software Engineering und Wirtschaftsinformatik.

Ein von Prof. Dr. Andreas Schrader, Institut für Telematik, mitorganisierter Workshop auf der GI 2009 befasste sich mit der Thematik der Gestaltung altersgerechter Lebenswelten durch den Einsatz von altersgerechten Assistenzsystemen und hatte den Titel „Ambient Assisted Living – Gestaltung altersgerechter Lebenswelten mit IuK - Technologien". Der Workshop thematisierte die interdisziplinären Herausforderungen beim Entwurf und der Evaluierung solcher Systeme. Inzwischen wird weltweit an verschiedenen Orten an dieser Thematik gearbeitet, natürlich auch in Lübeck.

2. Informatik als Keimzelle für weitere Bachelor/Masterstudiengänge und für die Graduiertenschule in Medizin und Lebenswissenschaften

Einige später im MINT-Bereich entstandene weitere Bachelor/Masterstudiengänge wären ohne die Informatik undenkbar. Die Informatik stellt in den Curricula dieser Studiengänge einen wesentlichen Eckpfeiler dar. Es sind dies die Studiengänge Molecular Life Science MLS, Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften MML und Medizinische Ingenieurwissenschaft MIW.

Eine Ausbildung an einer Graduiertenschule (Graduate School) schließt in der Regel mit einer Promotion ab. Graduiertenschulen sind ein wesentlicher Beitrag zur Profilierung und Herausbildung wissenschaftlich führender, international wettbewerbsfähiger und exzellenter Standorte in Deutschland. Sie sind ein Qualitätsinstrument zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und folgen dem Prinzip der Qualifizierung herausragender Doktorandinnen und Doktoranden innerhalb eines exzellenten Forschungsumfelds.

Die Graduiertenschule Informatik in Medizin und Lebenswissenschaften (Graduate School for Computing in Medicine and Life Sciences) ist eine zentrale Einrichtung der Universität zu Lübeck. Sie wurde im November 2007 im Rahmen der Exzellenzinitiative der deutschen Bundesregierung gegründet. Ziel ist eine interdisziplinäre Ausbildung von Doktoranden an den Schnittstellen Informatik & Medizin, Informatik & Lebenswissenschaften sowie Lebenswissenschaften & Medizin. Erfolgreiche Absolventen erwerben den Doktorgrad Dr. rer. nat. oder Dr.-Ing..

Der Initiator und Akademische Leiter der Lübecker Graduiertenschule, der Informatikprofessor Dr. Achim Schweikard, schaffte damit die Etablierung einer bundesweit einmaligen interdisziplinären Graduiertenschule im Bereich der Informatik. Der interdisziplinäre Aspekt spiegelt exakt den Fokus der Universität zu Lübeck wider.

Informatik ist das zentrale Thema der Lübecker Graduiertenschule. Ausgewählte interdisziplinäre Forschungsprojekte werden von den Doktoranden unter Anleitung zweier Betreuer bearbeitet. Das individuell ausgearbeitete Curriculum der Promotionsstudierenden umfasst neben ausgewählten Vorlesungen, Seminaren und Summer Schools auch den Besuch von internationalen Konferenzen und Workshops. Die Graduiertenschule für Informatik in Medizin und Lebenswissenschaften möchte langfristig ein Modell für die Doktorandenausbildung der gesamten Universität zu Lübeck sein.

3. Zusammenarbeit mit der Informatik der Christian-Albrechts-Universität (CAU) Kiel

Mit der Informatik in Kiel hat es seit 1993 eine enge Zusammenarbeit gegeben. Von besonderer Bedeutung sind hier die in unregelmäßigen Abständen stattfindenden Treffen der Informatik-Professoren aus Kiel und Lübeck in Bad Malente-Gremsmühlen. Hier wird fernab vom Tagesgeschäft

über mögliche Forschungskooperationen und Projektanträge diskutiert und es werden Ideen für Lehrkonzepte ausgetauscht. Im März 2009 fand ein gemeinsames zweitägiges Symposium in Neumünster statt, welches auch die wissenschaftlichen Mitarbeiter einbezogen hat. Auf diesem Symposium haben wissenschaftliche Mitarbeiter beider Universitäten über ihre Forschungsarbeiten und ihre Promotionsvorhaben referiert.

Als ein Beispiel eines größeren gemeinsamen Forschungsvorhabens mit der Informatik der Universität Kiel sei hier der **Ko**mpetenzverbund **S**oftware **S**ystems **E**ngineering KoSSE genannt. KoSSE besteht aus mehreren Verbundprojekten zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, die durch den Transfer von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen in marktfähige Produkte die beteiligten Unternehmen stärken. KoSSE-Sprecher auf Seiten der Universität zu Lübeck ist Prof. Dr. M. Leucker. Die folgenden Professoren aus Kiel und Lübeck sind an KoSSE beteiligt:

- Prof. Dr. Stefan Fischer, Institut für Telematik, Universität zu Lübeck
- Prof. Dr. Wilhelm Hasselbring, Arbeitsgruppe Software Engineering, Institut für Informatik, CAU Kiel
- Prof. Dr. Michael Herczeg, Institut für Multimediale und Interaktive Systeme, Universität zu Lübeck
- Prof. Dr. Reinhard Koch, Arbeitsgruppe Multimediale Informationsverarbeitung, Institut für Informatik, CAU Kiel
- Prof. Dr. Martin Leucker, Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen, Universität zu Lübeck
- Prof. Dr. Thomas Martinetz, Institut für Neuro- und Bioinformatik, Universität zu Lübeck
- Prof. Dr. Dirk Nowotka, Arbeitsgruppe Zuverlässige Systeme, Institut für Informatik, CAU Kiel
- Prof. Dr. Kay Römer, Institut für Technische Informatik, Universität zu Lübeck
- Prof. Dr. Manfred Schimmler, Arbeitsgruppe Technische Informatik, Institut für Informatik, CAU Kiel
- Prof. Dr. Reinhard von Hanxleden, Arbeitsgruppe Echtzeitsysteme und Eingebettete Systeme, Institut für Informatik, CAU Kiel

Lübecker Informatik-Professoren sind in die Teilprojekte iBAST, OR.Net, REMSO, USER, L2D2, MANV und TeKoMed involviert.

4. Die Sicherung des Fortbestands der Universität und der Eigenständigkeit der Lübecker Informatik

In den letzten 20 Jahren gab es 2 einschneidende Pläne der Landesregierung Schleswig-Holstein, die die Eigenständigkeit der Lübecker Informatik direkt oder indirekt in Frage gestellt haben. Das schwarz-gelbe Logo ***Lübeck kämpft für seine UNI*** wurde zum Markenzeichen des Protests aller Universitätsangehöriger und der Lübecker Bevölkerung. Natürlich haben sich auch die Lübecker Informatikerinnen und Informatiker aktiv an allen Protestaktionen sowohl als Teilnehmer als auch bei der Organisation beteiligt.



Im Oktober 2005 plante die Landesregierung Schleswig-Holstein die Fusion der Universitäten Flensburg, Kiel und Lübeck zu einer Landesuniversität. Für die Informatik in Lübeck hätte dies zur Folge gehabt, dass die Lübecker Informatik zu einer Art Außenstelle der Kieler Informatik geworden wäre. Studierende und Professoren hätten zwischen Kiel und Lübeck pendeln müssen. Mit öffentlichen Verkehrsmitteln dauert eine einfache Fahrt von Campus zu Campus mehr als 2 Stunden. Sehr viele Lübecker Studentinnen und Studenten und Dozentinnen und Dozenten haben sich am 10. November 2005 an einer Demonstration mit anschließender Kundgebung am Koberg in Lübeck beteiligt. Der zuständige Minister für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr, Dietrich Austermann, war bei der Kundgebung anwesend und konnte sich ein Bild von den vielfältigen Argumenten gegen eine Landesuniversität machen. Diese Kundgebung war sicherlich mitentscheidend dafür, dass die Landesregierung die Pläne für eine Landesuniversität kurze Zeit später fallen gelassen hat. Ein Bild der Kundgebung zeigt Abb. 5.

Ein Plan der Landesregierung mit dem zuständigen Minister für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr, Jost de Jager, im Mai 2010 sah vor, den Medizinstudiengang zu schließen und ab Wintersemester 2011/12 keine neuen Medizinstudienanfänger mehr zum Studium zuzulassen. Dieses hätte das Ende der Universität zu Lübeck und damit auch das Ende der Informatik bedeutet, weil alle Studiengänge der Universität enge Verflechtungen mit der Medizin in Lübeck aufweisen. Darüber hinaus wäre die Anzahl der Studierenden so klein geworden, dass als nächster Schritt die formelle Schließung der Universität zu befürchten gewesen wäre. Es gab eine Vielzahl von Aktivitäten der Universität zu Lübeck, an der sich auch viele Bürger der Hansestadt Lübeck beteiligt haben. Die größte Aktion gegen die Schließung des Medizinstudiengangs war eine Demonstration in Kiel am 16. Juni 2010 mit etwa 14000 Teilnehmern. Es war die größte Demonstration in Kiel in der Geschichte Schleswig-Holsteins. Am 8. Juli 2010 konnte der Fortbestand der medizinischen Ausbildung in Lübeck und damit der Fortbestand der gesamten Universität dadurch gesichert werden, dass der Bund finanzielle



Abb. 5: *Kundgebung auf dem Lübecker Koberg am 10. November 2005 (Foto: R. Reischuk)*



Abb. 6: *Demonstration in Kiel am 16. Juni 2010*

Zuwendungen im Rahmen eines Trägerwechsels des Kieler Instituts für Meeresforschung in Höhe der bei Schließung des Medizinstudiengangs in Lübeck zu erwartenden Ersparnisse zusagte. Diese Zuwendungen waren an die Bedingung geknüpft, dass der Medizinstudiengang in Lübeck erhalten bleibt. Ein Bild während der großen Demonstration in Kiel zeigt Abb. 6.

5. Die Professoren der Informatik-Studiengänge

Für den Studiengang wurden Professoren - chronologisch nach dem Ernennungsdatum bzw. nach dem Datum der kommissarischen Wahrnehmung der Dienstaufgaben aufgelistet - an die Universität zu Lübeck gemäß Tabelle 1 berufen.

Professoren	Institut	Ernennungsdatum / Kommissarische Wahrnehmung	Letzter Dienstag	Nachfolge
Prof. Dr. Dr. S.J. Pöppl	Medizinische Informatik	01.08.1990	30.09.2008	Prof. Dr. H. Handels
Prof. Dr. E. Konecny	Medizintechnik	01.08.1992	30.09.2003	Prof. Dr. Th. Buzug
Prof. Dr. V. Linnemann	Informationssysteme	01.04.1994 / 01.12.1993	31.03.2014	Ruf ist erteilt
Prof. Dr. R. Lasser	Mathematik	01.04.1994	30.04.1997	Prof. Dr. J. Prestin
Prof. Dr. R. Reischuk	Theoretische Informatik	21.07.1994 / 01.04.1994		
Prof. Dr. E. Maehle	Technische Informatik	01.12.1994		
Prof. Dr. P. Imkeller	Mathematik	01.10.1995	31.03.1996	Prof. Dr. L. Dümbgen
Prof. Dr. D. Hogrefe	Telematik	01.01.1996	30.04.2002	Prof. Dr. S. Fischer
Prof. Dr. B. Fischer †	Mathematik, zum 01.06.2010 Wechsel in das neu gegründete Institute of Mathematics and Image Computing	01.03.1996 / 01.10.1993		
Prof. Dr. W. Dosch †	Softwaretechnik und Programmiersprachen	01.11.1996	30.09.2009	Prof. Dr. M. Leucker
Prof. Dr. M. Herczeg	Multimediale und Interaktive Systeme	01.02.1997		
Prof. Dr. L. Dümbgen	Mathematik	01.02.1998 / 01.10.1997	28.02.2002	Prof. Dr. L. Mattner
Prof. Dr. T. Aach †	Signalverarbeitung und Prozessrechentechnik	01.02.1998	30.11.2004	Prof. Dr. A. Mertins
Prof. Dr. Th. Martinetz	Neuro – und Bioinformatik	01.10.1999		
Prof. Dr. Th. Zeugmann	Theoretische Informatik	01.04.2000	31.03.2004	Prof. Dr. T. Tantau
Prof. Dr. J. Prestin	Mathematik	01.05.2000 / 01.04.2000		
Prof. Dr. L. Mattner	Mathematik	01.09.2002	31.01.2009	Prof. Dr. K. Keller
Prof. Dr. A. Schweikard	Robotik und kognitive Systeme	01.10.2002		
Prof. Dr. S. Fischer	Telematik	01.11.2004		
Prof. Dr. T. Tantau	Theoretische Informatik	01.10.2005		
Prof. Dr. A. Mertins	Signalverarbeitung	01.11.2006		
Prof. Dr. Th. Buzug	Medizintechnik	01.12.2006		
Prof. Dr. K. Römer	Technische Informatik	01.04.2009	30.09.2013	Berufungskommission
Prof. Dr. J. Modersitzki	Mathematics and Image Computing	01.01.2010		
Prof. Dr. H. Handels	Medizinische Informatik	01.04.2010		
Prof. Dr. M. Leucker	Softwaretechnik und Programmiersprachen	01.08.2010		
Prof. Dr. A. Schrader	Telematik	01.10.2010		
Prof. Dr. K. Keller	Mathematik	01.01.2011		
Prof. Dr. A. Rößler	Mathematik	01.11.2011 / 01.10.2011		

Tab. 1: *Professoren im Studiengang Informatik*

Leider sind drei Professoren der Lübecker Informatik in der Zwischenzeit verstorben.

Der ehemalige Direktor des Instituts für Softwaretechnik und Programmiersprachen, Prof. Dr. rer. nat. Walter Dosch, starb am 8. August 2010 im Alter von 63 Jahren im Ruhestand.

Der ehemalige Direktor des Instituts für Signalverarbeitung und Prozessrechentechnik, Prof. Dr.-Ing. Til Aach, starb am 16. Januar 2012 im Alter von 50 Jahren als Leiter des Lehrstuhls für Bildverarbeitung der RWTH Aachen.

Der Direktor des Institute of Mathematics and Image Computing und Leiter der Fraunhofer MEVIS Projektgruppe Image Registration, Prof. Dr. rer. nat. Bernd Fischer, starb am 15. Juli 2013 im Alter von 55 Jahren während seiner aktiven Zeit an der Universität zu Lübeck.

Die Lübecker Informatik wird ihnen immer ein ehrendes Andenken bewahren.

6. Die Standorte der Institute der Informatik-Studiengänge

Vor dem Bezug des Informatik-Neubaus war die Informatik auf viele Standorte verteilt. Am 15. Februar 2000 erfolgte der erste Spatenstich für den Neubau Informatik im Beisein der zuständigen Ministerin Frau Ute Erdsiek-Rave. Im Herbst 2000 begannen die Gründungsarbeiten. Das Richtfest für den Informatik-Neubau konnte am 18.03.2002 gemeinsam mit der Ministerin gefeiert werden. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen Bilder vom Richtfest.



Abb. 7: *Der Innenhof des Informatik-Neubaus am Tag des Richtfests am 18.03.2002*

Im März 2004 konnte der fertig gestellte Neubau endlich bezogen werden. Abb. 9 zeigt das Gebäude kurz nach der Fertigstellung.

Das Gebäude wurde jedoch schon bald zu klein, so dass im Oktober 2009 mit der Aufstockung um ein weiteres Stockwerk begonnen wurde. Dieses zusätzliche Stockwerk wurde ab September 2011 bezogen. Abb. 10 zeigt ein Bild des endgültigen Neubaus.

Informatik und Mathematik sind in der Zwischenzeit weiter gewachsen, so dass selbst der aufgestockte Informatik-Neubau nicht groß genug ist, um alle Institute der Informatik und Mathematik dort unterzubringen. Das im Jahr 2010 neu gegründete Institute of Mathematics and Image Computing befindet sich im Multifunktionscenter (MFC) in der Maria-Goeppert-Straße am Carlebachpark im Hochschulstadtteil, ca. 1 km zu Fuß oder mit dem Fahrrad vom Informatik-Neubau entfernt. Die übrigen Informatik-Institute und das Institut für Mathematik sind im Informatik-Neubau untergebracht.



Abb. 8: *Richtfest für den Informatik-Neubau am 18.03.2002 (Foto: R. Reischuk)*

Abb. 9: *Erster Bauabschnitt Neubau Informatik*



Abb. 10: *Zweiter Bauabschnitt Neubau Informatik (Foto: René Kube)*

Die verschiedenen Standorte der Informatik seit 1993 sind in den Tabellen 2, 3, 4 aufgelistet.

Standort	Entfernung zum Universitätsgelände Zentralklinikum	Institute
Universitätsgelände Zentralklinikum	0	Institut für Medizinische Informatik (seit 01.08.1990) Institut für Informationssysteme (01.12.1993 - 31.12.1993)
Ehemalige Seefahrtschule Wallstraße 40	ca. 4,5 km	Institut für Informationssysteme (01.01.1994 - 06.06.1996) Institut für Mathematik (seit 01.04.1994) Institut für Theoretische Informatik (seit 01.04.1994) Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen (01.11.1996 - 30.09.1997)
Osterweide 8	ca. 1,0 km	Institut für Informationssysteme (seit 07.06.1996)
Universitätsgelände Gebäude 32 (vormals 33 a)	ca. 0,5 km	Institut für Medizintechnik (seit 01.08.1992) Institut für Technische Informatik (01.12.1994 – 02.08.1999) Institut für Telematik (01.10.1995 – 30.11.1995)
Universitätsgelände Gebäude 33	ca. 0,5 km	Institut für Technische Informatik (seit 03.08.1999)
Universitätsgelände Gebäude 36	ca. 0,5 km	Institut für Telematik (01.12.1995 – 29.02.1996)
Universitätsgelände Gebäude 21	ca. 0,3 km	Institut für Telematik (seit 01.03.1996) Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (01.02.1997 - 30.08.1997)
Technikzentrum Seelandstraße	ca. 13 km mit Klappbrücke mit jeweils ca. 15 Min. Wartezeit	Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen (seit 01.10.1997) Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (01.09.1997 - 19.03.2002) Institut für Signalverarbeitung und Prozessrechentechnik (seit 01.08.1998) Institut für Neuro- und Bioinformatik (seit 01.10.1999) Institut für Robotik und Kognitive Systeme (seit 01.10.2002)
Media Docks Lübeck	ca. 6,5 km	Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (seit 20.03.2002)

Tab. 2: *Standorte vor Bezug des ersten Bauabschnitts des Informatik-Neubaus im März 2004*

Standort	Entfernung zum Universitätsgelände Informatik-Neubau (Gebäude 64)	Institute
Universitätsgelände Informatik-Neubau (Gebäude 64)	0	Institut für Medizinische Informatik Institut für Medizintechnik Institut für Informationssysteme Institut für Theoretische Informatik Institut für Telematik Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (seit Juni 2005) Institut für Signalverarbeitung Institut für Neuro- und Bioinformatik Institut für Robotik und Kognitive Systeme
Ehemalige Seefahrtschule Wallstraße 40	ca. 4,5 km	Institut für Mathematik Institute of Mathematics and Image Computing (01.01.2010 – 31.05.2011)
Universitätsgelände Gebäude 33	ca. 0,5 km	Institut für Technische Informatik
Media Docks Lübeck	ca. 6,5 km	Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (bis Juni 2005)
Multifunktionscenter Maria-Goeppert-Straße 3	ca. 1,0 km	Institute of Mathematics and Image Computing (seit 01.06.2011)

Tab. 3: *Standorte nach Bezug des ersten Bauabschnitts des Informatik-Neubaus im März 2004 bis zum Bezug des zweiten Bauabschnitts im September 2011*

Standort	Entfernung zum Universitätsgelände Informatik-Neubau (Gebäude 64)	Institute
Ehemalige Seefahrtschule Wallstraße 40	ca. 4,5 km	Institut für Mathematik (bis 30.11.2011)
Universitätsgelände Informatik-Neubau (Gebäude 64)	0	Institut für Medizinische Informatik Institut für Medizintechnik Institut für Informationssysteme Institut für Theoretische Informatik Institut für Telematik Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen Institut für Multimediale und Interaktive Systeme Institut für Signalverarbeitung Institut für Neuro- und Bioinformatik Institut für Robotik und Kognitive Systeme Institut für Mathematik (seit 01.12.2011) Institut für Technische Informatik
Multifunktionscenter Maria-Goeppert-Straße 3	ca. 1,0 km	Institute of Mathematics and Image Computing

Tab. 4: *Standorte nach Bezug des zweiten Bauabschnitts des Informatik-Neubaus im September 2011*

7. Anfänger- und Absolventenstatistik

Eine Anfänger- und Absolventenstatistik ist in Tab. 5 gegeben.

Jahr	Anfänger Diplom	Anfänger Bachelor	Anfänger Master	Studierende Gesamt	Abschluss Diplom	Abschluss Bachelor	Abschluss Master	Promotion	Habilitation
1993	29			29					
1994	37			64					
1995	69			126					
1996	78			184				1	1
1997	62			211				1	
1998	86			265				2	
1999	106			329	8			4	1
2000	116	35		414	12			2	
2001	93	18		420	19			2	
2002	75	29		437	23			7	
2003	85	29		465	22			4	4
2004	79	30		474	24	8		5	
2005	50	46	3	478	26	6		5	1
2006		124	7	503	35	10	3	6	2
2007		115	9	522	27	8	3	9	1
2008		109	11	496	46	12	4	6	
2009		107	41	520	29	35	6	11	2
2010		114	35	533	28	40	6	16	
2011		156 + 58*	28	663	25	33	24	17	2
2012		131 + 57*	46	716	22	62	41	11	1

Tab. 5: *Anfänger- und Absolventenstatistik der Informatik-Studiengänge*
** kennzeichnet die Anfänger im zum Wintersemester 2011/12 neu eingerichteten Bachelorstudiengang Medizinische Informatik*

8. Für die Informatik bedeutsame zentrale Einrichtungen der Universität

Natürlich kann kein Studiengang an einer Universität ohne zentrale Einrichtungen der Universität erfolgreich arbeiten. Die für die Informatik wichtigsten zentralen Einrichtungen sollen an dieser Stelle erwähnt werden.

Das IT Service Center ITSC betreibt den Großteil der IT-Infrastruktur und der IT-Basisdienste der Universität zu Lübeck. Darunter fällt unter anderem auch der Betrieb der PC-Pools und des WLANs.

Natürlich müssen Studierende sich immatrikulieren und exmatrikulieren können und sie müssen Prüfungen ablegen können. Hierfür ist das Studierenden-Service-Center SSC mit dem Prüfungsamt zuständig.

Das Akademische Auslandsamt ist ein wichtiger Ansprechpartner, wenn es darum geht, eine zeitlang im Ausland zu studieren oder wenn ausländische Studierende nach Lübeck zum Studium kommen.

Die Schülerakademie hat das Ziel, bei Schülerinnen und Schülern das Interesse für Naturwissenschaften und Technik zu wecken sowie besonders interessierte bzw. begabte Schülerinnen und Schüler nachhaltig zu fördern.

Das Dozierenden-Service-Center DSC sichert mit hochschuldidaktischen Kursen und Angeboten zu Beratungen und Services die Qualität der Lehre an der Universität und unterstützt die in der Lehre Tätigen.

Die Zentrale Hochschulbibliothek ZHB spielt trotz World-Wide Web immer noch eine wichtige Rolle in Forschung und Lehre der Universität. Sie stellt für die Lehre wichtige Lehrbücher zur Verfügung und sorgt dafür, dass wichtige Zeitschriften sowohl online als auch auf Papier zentral verfügbar sind.

Der Hochschulsport stärkt mit Sportkursen zur Prävention die Gesundheit und das Gesundheitsbewusstsein der Hochschulangehörigen.

Das Studentenwerk ist eine zentrale Einrichtung für alle Hochschulen des Landes Schleswig-Holstein. Es sorgt unter anderem dafür, dass Studierende preiswert wohnen und sich gesund ernähren können.

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der zentralen Einrichtungen sei an dieser Stelle herzlich gedankt für ihre hervorragende Arbeit für die Informatik in Lübeck.

Institut für Medizinische Informatik (IMI)

http://www.imi.uni-luebeck.de

Heinz Handels, Siegfried J. Pöppl

Am Institut für Medizinische Informatik (IMI) verfolgen wir das Ziel, durch die Entwicklung innovativer Methoden und Softwaresysteme neue Möglichkeiten für die Unterstützung der computergestützten Diagnostik und Therapie sowie des Managements von Patienten- und Gerätedaten zu schaffen. Hierbei arbeiten Medizininformatiker in interdisziplinären Teams mit Ärzten sowie Software- und Medizintechnikfirmen im Gesundheitswesen zusammen.

In der Lehre war das Institut für Medizinische Informatik zunächst verantwortlich für die Konzeption und Gestaltung des Nebenfaches Medizinische Informatik im Diplomstudiengang Informatik, das später in das Anwendungsfach der Bachelor- und Master-Studiengänge Informatik überführt wurde. Seit 2011 ist das IMI verantwortlich für die Konzeption und Weiterentwicklung des neuen konsekutiven Bachelor-/Master-Studiengangs Medizinische Informatik, der zum WS 2011/12 mit 56 Studienanfängern erfolgreich gestartet ist. Neben Lehrveranstaltungen für Medizininformatiker/innen bietet das IMI Lehrveranstaltungen für Studierende der Studiengänge Medizinische Ingenieurwissenschaften, Informatik, Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften sowie Humanmedizin an.

Am Institut für Medizinische Informatik sind zurzeit neben dem Institutsdirektor 12 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die größtenteils durch Drittmittelprojekte finanziert werden, eine Sekretärin, eine technische Mitarbeiterin sowie sieben studentische Hilfskräfte beschäftigt.

1. IMI in den Jahren 1990 – 2009: Siegfried J. Pöppl

Mit der Berufung von Prof. Dr.-Ing. Dr. med. habil. Siegfried J. Pöppl an die Universität zu Lübeck wurde am 1. August 1990 das Institut für Medizinische Informatik gegründet. Als erster berufener Informatik-Professor der Universität zu Lübeck wurde ihm die Aufgabe des Aufbaubeauftragten der Universität für den neuen Studiengang Informatik mit der Ver-



Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts für Medizinische Informatik (von links nach rechts): Prof. Dr. rer. nat. habil. Heinz Handels , Friedrich Simon, Susanne Petersen, Dr. rer. biol. hum. André Mastmeyer, Christine Duscha, Dr. rer. nat. Alexander Schmidt-Richberg, Dipl.-Biol. Kerstin Kulbe, Dr. rer. nat. René Werner, Christiane Steinberg, Dipl.-Inform. Dr. med. Jan-Hinrich Wrage, Winnie Kanje, Dr. rer. nat. Jan Ehrhardt, M. Sc. Julia Krüger, M. Sc. Dirk Fortmeier, M. Sc. Ann-Kristin Kock, Stefan Köhnen, Dr. rer. biol. hum. Gabriele Katalinic, Falk Nette, PD Dr. rer. nat. habil. Josef Ingenerf, M. Sc. Matthias Wilms, M. Sc. Mirko Marx

tiefungsrichtung Medizinische Informatik übertragen. Ein vom Institut federführend erstellter Antrag an den Wissenschaftsrat ermöglichte die Schaffung von 12 neuen Lehrstühlen mit insgesamt 120 Planstellen und die grundsätzliche Zustimmung zu einem Gebäude-Neubau für die Informatik. Aus heutiger Sicht kann er somit als Initiator und Konstrukteur des im WS 1993/1994 gestarteten Diplom-Studienganges Informatik mit Anwendungsfach Medizinische Informatik gesehen werden. Zugleich hat Siegfried Pöppl maßgeblich zum Auf- und Ausbau der gesamten Informatik-Sektion an der Universität zu Lübeck beigetragen, letztlich auch durch den Vorsitz bei insgesamt acht Berufungskommissionen.



1.1 Entwicklung des Lübecker Krankenhauskommunikationssystems

Weiterhin war das Institut für Medizinische Informatik verantwortlich für den Aufbau und Betrieb des Lübecker Krankenhauskommunikationssystems, dem zentralen System für die Patientendatenverwaltung im Lübecker Universitätsklinikum. Das Anfang der neunziger Jahre vom Institut gemeinsam mit einer Firma entwickelte Krankenhauskommunikationssystem - unterstützt durch eine Förderung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) - war noch vor einigen Jahren im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck im Einsatz. Das zentrale Patientendatenmanagementsystem mit Funktionen zur ärztlichen Dokumentation und Kommunikation bis hin zur Abrechnung ist bekannt geworden als das Produkt „medico//s“ der Firma Siemens und war zwischenzeitlich Marktführer in deutschsprachigen Krankenhäusern. Im Bereich der Krankenhauskommunikationssysteme wurden bis zum Jahre 2002 am IMI, das bis dahin auch das Klinik-Rechenzentrum betrieben hat, in direkter Kooperation mit den medizinischen Anwendern zahlreiche Entwicklungen durchgeführt. So musste bei der Einführung der Fallpauschalen und Sonderentgelte (FP/SE) ab dem Jahr 1996 eine präzise Kodierung von Diagnosen und Operationen gemäß der Klassifikationssysteme ICD-9 (ab 2000: ICD-10) sowie OPS sichergestellt werden. Entsprechend definierte Datensätze mussten innerhalb des Krankenhauses mit Subsystemen (insb. zur OP-Dokumentation) sowie auch mit den Krankenkassen über Standard-Schnittstellen ausgetauscht werden. Die Ablösung der FP/SE durch das heutige G-DRG-System (Diagnosis Related Groups) im Jahre 2003 wurde frühzeitig vorbereitet, u.a. durch die Etablierung einer Kostenträgerrechnung in Kooperation mit dem Medizinischen Controlling. Die hierzu erforderliche Bereitstellung und Zusammenführung von Leistungs- und Kostendaten sämtlicher Behandlungsfälle aus mehreren Anwendungssystemen profitierte vom funktionsfähigen Krankenhauskommunikationssystem. Vor dem Hintergrund der Fusion der Lübecker und Kieler Universitätskliniken zum Universitätsklinikum Schleswig-Holstein (UKSH) wurde das operative Rechenzentrum im Jahre 2002 unter die Aufsicht des Klinikumvorstandes gestellt. Aufgrund des nicht mehr vorhandenen Zugangs zu den Anwendungssystemen waren die bis dahin durchgeführten Entwicklungsarbeiten zur Unterstützung konkreter klinischer Problemstellungen nur noch sehr eingeschränkt möglich. Als Dienstleister war das IMI aber weiterhin verantwortlich für das Campusnetz der Universität zu Lübeck.

1.2 Aufbau und Support des Lübecker Campus-Netzwerkes

Darüber hinaus bestand bereits in der Anfangszeit des Instituts für Medizinische Informatik eine weitere wesentliche Aufgabe darin, das Lübecker Campus-Netzwerk auf- und auszubauen, um so insbesondere den zuverlässigen Betrieb des Krankenhauskommunikationssystems zu gewährleisten. Seit seinem Bestehen hat das IMI das Campusnetz als Infrastruktur für die Rechnerkommunikation betrieben und weitere Ausbaustufen realisiert. So wurde 1992 FDDI eingeführt, 2001 im Rahmen der zweiten Ausbaustufe des Lübecker Krankenhauskommunikationssystems ein flächendeckendes Hochgeschwindigkeitsnetz auf Basis von „Gigabit Ethernet“ aufgebaut und 2004 der Neubau Informatik mit einem 10 „Gigabit Ethernet“ Netz ausgestattet, welches in Zukunft auf 40 Gbps erweiterbar ist. Das IMI war hier verantwortlich für den Betrieb und Support von 220 aktiven Geräten und ca. 5000 aktiven Ports. Durch einen Bereitschaftsplan wurde der Netzbetrieb rund um die Uhr für das Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck und für die Universität zu Lübeck gewährleistet. Ein weiterer wichtiger Aspekt war der Ausbau und Betrieb der Sicherheitsstruktur des Netzes. Am IMI entwickelte Werkzeuge zur Netzadministration ermöglichten das Abfragen und Speichern von Durchsatz- und Fehlerdaten zur statistischen Analyse, um irreguläre Verkehrsmuster, die z.B. durch Viren oder Trojaner verursacht werden, zu erkennen.

1.3 Forschungsschwerpunkte

Zukunftsweisende Forschungsschwerpunkte wurden in den Bereichen Krankenhauskommunikationssysteme, Gesundheitsökonomie, Telemedizin sowie Medizinische Bildverarbeitung und Mustererkennung aufgebaut. So wurden beispielsweise die Möglichkeiten untersucht, die im Krankenhauskommunikationssystem erfassten und für ökonomische Zwecke ausgewerteten Daten zur direkten Entscheidungsunterstützung für Kliniker bei diagnostischen und therapeutischen Fragestellungen zu nutzen. Hier wurden künstliche Neuronale Netze zur automatisierten Musterer-

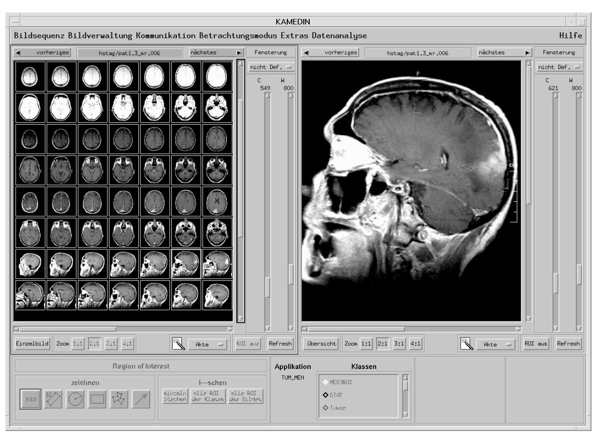
kennung eingesetzt, deren prinzipieller Aufbau und Funktionsweise dem biologischen Vorbild entlehnt sind. Die Fragestellungen im Bereich der Gesundheitsökonomie fundierten maßgeblich auf der Einführung des pauschalierten Entgeltsystems G-DRGs (German refined Diagnosis related Groups) im Jahre 2003 für die stationäre Krankenversorgung in Deutschland, in dem nun jedem Behandlungsfall eines Krankenhauses eine DRG-Fallgruppe zugeordnet wird. Somit konnten die Erlöse eines Krankenhauses nur mit einer hohen Dokumentationsqualität sichergestellt werden, die durch entsprechende Softwarewerkzeuge unterstützt werden musste. Im Bereich der Telemedizin wurde beispielsweise im Rahmen eines Drittmittelprojektes das Teleradiologiesystem KAMEDIN in Kooperation mit dem ZGDV und der FhG in Darmstadt/Rostock entwickelt, das erstmalig den Transfer und die kooperative Besprechung medizinischer Bilddaten in Telekonferenzen über ISDN ermöglichte und als Vorläufer heutiger Teleradiologiesysteme betrachtet werden kann (Abb. 1, links) . Die Forschungsarbeiten im Bereich der medizinischen Bildverarbeitung, Visualisierung und Mustererkennung dienten der Entwicklung von Methoden und Systemen für die computergestützte Diagnostik und 3D-Operationsplanung. Die methodischen Aufgabenschwerpunkte bildeten die Entwicklung von Bildanalyseverfahren zur Segmentierung und Erkennung von Strukturen wie Tumoren, Organen, Gefäßen etc. in medizinischen Bildern sowie die Entwicklung von 3D-Operationsplanungssystemen, bei denen Verfahren der Bildanalyse, Registrierung und Visualisierung in Kombination eingesetzt werden. Beispielhaft sei hier ein System zur computergestützten 3D-Planung von komplizierten Hüftoperationen sowie des interaktiven 3D-Designs individueller Hüftendoprothesen genannt, das in Kooperation mit der Klinik für Orthopädie des UKSH, Campus Lübeck und dem Lübecker Prothesenhersteller Eska Implants entwickelt wurde (Abb. 2, rechts).

1.4 Aufbau des Studiengangs Informatik an der Universität zu Lübeck und Etablierung des Fernstudienganges Medizinische Informatik an der FernUniversität Hagen

Nach dem Aufbau des Studiengangs Informatik mit Anwendungsfach Medizinische Informatik an der Universität zu Lübeck war die Etablierung eines Fernstudiengangs Medizinische Informatik an der FernUniversität Hagen ein weiterer Meilenstein zur Verbreitung der Lehrinhalte der Medizinischen Informatik. Aufbauend auf einem Kooperationsvertrag zwischen der Universität zu Lübeck und der FernUniversität Hagen konnte unter Federführung des Instituts für Medizinische Informatik das neue Nebenfach Medizinische Informatik im Diplom-Studiengang Informatik an der Fern-Universität in Hagen etabliert werden. Hierzu wurden Skripte für über 20 umfangreiche Vorlesungskurse von Lübecker Dozenten verfasst, die den Studierenden als Printmedien durch die FernUniversität Hagen zur Verfügung gestellt wurden. Im Rahmen des nachfolgenden Drittmittelprojektes medin wurden diese Kurse multimedial aufbereitet, so dass der Vorlesungs- und Übungsbetrieb webbasiert in Ergänzung zu den Printmedien durchgeführt werden konnte. Neben den Online-Kurstexten wurden geeignete Lehrinhalte des Stoffgebietes Medizinische Informatik fachdidaktisch und medientechnisch anspruchsvoll durch verschiedenste interaktive Lehrprogramme und flashbasierte Lehrmodule aufbereitet.

1.5 IMI im Umbruch

Nach der Pensionierung von Prof. Dr.-Ing. Dr. med. habil. S. J. Pöppl wurde im Vorfeld der Neubesetzung des Instituts für Medizinische Informatik eine Umstrukturierung vorgenommen. Hierbei wurden die Dienstleistungsaufgaben des Instituts (Betrieb und Weiterentwicklung des Campusnetzes, Betreuung der Pool-Rechner etc.) und die hierfür zuständigen



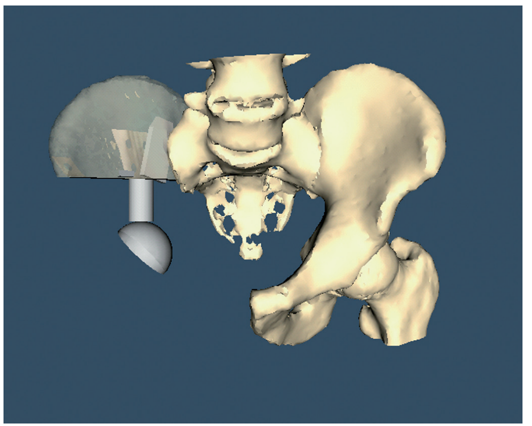


Abb. 1: *Teleradiologiesystem KAMEDIN (links).*
Abb. 2: *3D-Hüftoperationsplanung und individuelles Implantatdesign (rechts)*

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in das neu gegründete IT-Service-Center (ITSC) Lübeck überführt. Somit wurde am Institut für Medizinische Informatik im Zuge der Neubesetzung eine Fokussierung der Aufgaben auf die Bereiche Forschung und Lehre vorgenommen.

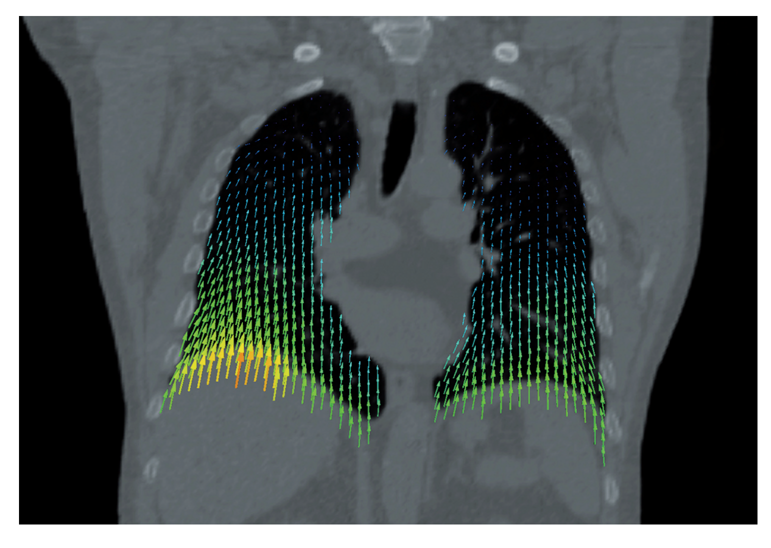
2. IMI in den Jahren 2010-2013: Heinz Handels



Prof. Dr. rer. nat. habil. Heinz Handels übernahm als Nachfolger von Prof. Dr.-Ing. Dr. med. habil. S. J. Pöppl zum April 2010 die Leitung des Instituts für Medizinische Informatik an der Universität zu Lübeck. Prof. Handels, der schon als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Medizinische Informatik in Lübeck tätig war, kam vom Institut für Medizinische Informatik des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, das er von 2003-2010 leitete. Durch die von ihm aus Hamburg mitgebrachten Mitarbeiter gelang es schnell, eine neue Arbeitsgruppe mit Forschungsschwerpunkten im Bereich der „Medizinischen 3D- und 4D-Bildverarbeitung" und „bildbasierter Virtual Reality Simulation" aufzubauen. In den Bereichen der Medizinischen Bildverarbeitung und der Virtual-Reality-Simulatoren werden hier unter Verwendung modernster Techniken neue Methoden und Softwaresysteme für die computergestützte Diagnostik und Therapie der Zukunft entwickelt. Ergänzt werden diese Aktivitäten durch Forschungsarbeiten im Themenfeld „eHealth", durch die einrichtungsübergreifende Versorgungsprozesse mit dem Ziel unterstützt werden, heterogene Patienten- und Gerätedaten aus verschiedensten medizinischen Anwendungssoftwaresystemen verbessert integrieren und austauschen zu können.

2.1 Aktuelle Forschungsschwerpunkte des Instituts für Medizinische Informatik

Medizinische 3D- und 4D-Bildverarbeitung: In der Medizinischen 3D-Bildverarbeitung beschäftigen wir uns mit der Entwicklung neuer modellbasierter Analyse- und Segmentierungsverfahren zur automatischen Abgrenzung und Vermessung von Organen, Gefäßen, Tumoren etc. in medizinischen 3D-Bildfolgen (z.B. CT, MRT-Bilder). In der 4D-Bildverarbeitung werden räumlich-zeitliche 4D-Bildfolgen zur Analyse dynamischer Prozesse im Innern des menschlichen Körpers wie z.B. atmungsbedingte Bewegungen von inneren Organen und Tumoren oder der Blutfluss computergestützt verarbeitet. Die Analyse der atmungsbedingten Bewegungen der Tumoren und innerer Organen sind in der modernen Strahlentherapie von Bedeutung, wenn beispielsweise ein Lungentumor mit hoher Dosis fokussiert bestrahlt wird, während der Patient atmet (Abb. 3). Hierbei soll der Tumor mit hoher Dosis bestrahlt, jedoch das umliegende Gewebe geschont werden. Durch die Modellierung der dynamischen Prozesse erhält man neben einer Risikoabschätzung insbesondere die Möglichkeit, krankheitsbedingte Veränderungen der Prozesse (Atembewegung, Blutfluss etc.) sichtbar und quantitativ erfassbar zu machen. Diese Forschungsarbeiten werden in erster Linie im Rahmen von Drittmittelprojekten durchgeführt, die vornehmlich von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert werden.



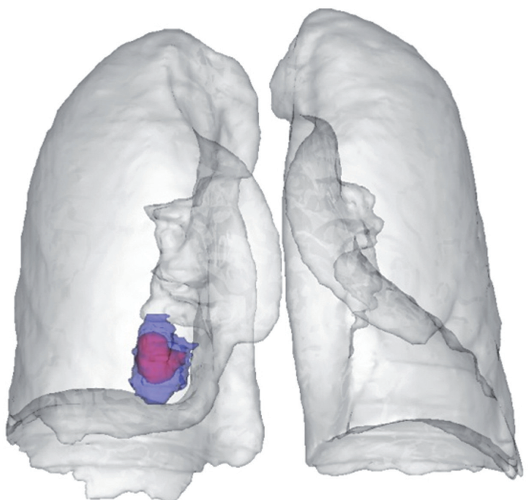


Abb. 3: *3D-Bewegungsfeld der atmungsbedingten Lungenbewegung (links). Rechts ist der vom Lungentumor (lila) während der Atmung überdeckte Lungenbereich (blau) dargestellt.*

eHealth: Im Forschungsbereich eHealth werden Querschnittsthemen wie die Interoperabilität zwischen verteilten klinischen Anwendungssystemen und/oder Medizingeräten sowie die Wiederverwendung von Versorgungsdaten für die klinische und biomedizinische Forschung adressiert. Dies impliziert den semantisch korrekten Austausch von Patientendaten sowie medizinischen Gerätedaten zwischen Softwaresystemen verschiedener medizinischer Einrichtungen und unterschiedlicher Hersteller. Einer der wesentlichen Ansprüche ist hierbei die Berücksichtigung anspruchsvoller internationaler Standards wie HL7, DICOM, SNOMED CT usw. So entwickelt das Institut für Medizinische Informatik der Universität zu Lübeck beispielsweise im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Großprojektes OR.Net in einem Teilvorhaben neue Methoden zur semantischen Interoperabilität vernetzter medizinischer Geräte im Operationssaal sowie zur Weiterverarbeitung der Gerätedaten in angrenzenden klinischen Informationssystemen. Hierdurch soll eine sichere und dynamische Vernetzung verschiedener Medizingeräte im Operationssaal ermöglicht werden.

Bildbasierte Virtual-Reality-Simulation: In bildbasierten Virtual-Reality-Simulatoren werden neueste VR-Techniken mit Modellierungs- und Bildverarbeitungsmethoden in Kombination eingesetzt, um eine möglichst realitätsnahe Simulation und Planung von chirurgischen Eingriffen und Operationen zu ermöglichen. Hierbei werden virtuelle Körpermodelle des Patienten gemeinsam mit haptischen Kraftrückkopplungsgeräten kombiniert, um neue Möglichkeiten für die intuitive 3D-Operationsplanung sowie das Training von chirurgischen Eingriffen zu erschließen (Abb. 4). Hierbei steht in unseren aktuellen Forschungsarbeiten die Simulation von Punktionseingriffen im Vordergrund, bei denen eine Nadel durch ein haptisches Gerät gesteuert und die in der Realität auftretenden Widerstände beim Eindringen in die Haut und innere Organe während der Simulation spürbar werden. Diese Forschungsarbeiten werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Auf der Grundlage unserer Forschungsarbeiten in den dargestellten Forschungsbereichen konnten in den letzten drei Jahren 108 Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften und begutachteten Proceedingsbänden von Fachtagungen veröffentlicht werden. Positiv hervorzuheben ist des Weiteren, dass in dieser Zeit 15 wissenschaftliche Preise und Auszeichnungen für Publikationen und Tagungspräsentationen sowie am Institut für Medizinische Informatik durchgeführte Abschlussarbeiten von verschiedenen wissenschaftlichen Fachgesellschaften bzw. auf Fachtagungen verliehen wurden.

2.2. Etablierung des neuen Bachelor-/Master-Studiengangs Medizinische Informatik an der Universität zu Lübeck

Ein wichtiger Meilenstein in der Weiterentwicklung des Lehrangebotes der Universität zu Lübeck war die Einführung des neuen Bachelor-/Master-Studiengangs Medizinische Informatik, der unter Federführung des Instituts für Medizinische Informatik zum WS 2011/12 starten konnte. In dem neuen Studiengang werden Methoden und Techniken der Medizinischen Informatik in einer bundesweit einmaligen Breite und Tiefe gelehrt. Die Attraktivität des neuen Studienangebots wird dadurch belegt, dass sich bereits zum Start im Wintersemester 2011/12 mit 56 Erstsemestern

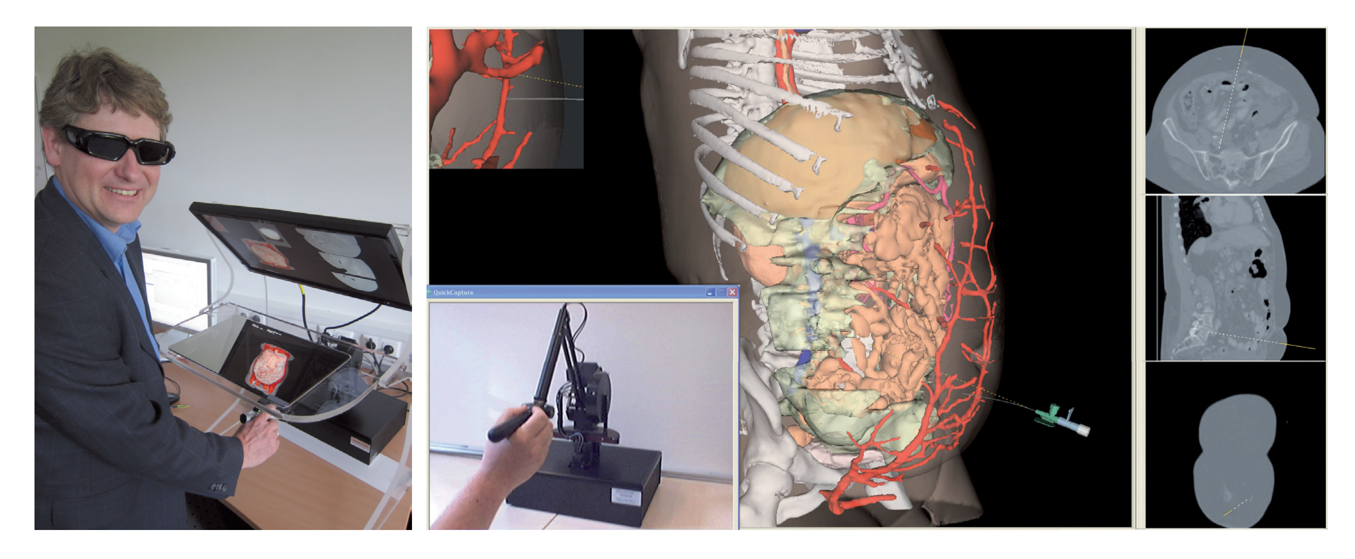


Abb. 4: *Immersiver VR-Arbeitsplatz. Heinz Handels mit Shutterbrille und haptischem Kraftrückkopplungsgerät (links). Virtueller Körper, CT-Bilder und haptisches Gerät beim Training einer Aszitespunktion (rechts).*

deutlich mehr Studierende als erwartet für den Bachelor-Studiengang Medizinische Informatik eingeschrieben haben. Diese erfreulich hohen Einschreibungszahlen haben sich in dem darauffolgenden Jahr fortgesetzt. Der Start des konsekutiven Master-Studiengangs Medizinische Informatik ist zum WS 2014/15 vorgesehen. Das Institut für Medizinische Informatik ist hierbei verantwortlich für die Konzeption und Weiterentwicklung des Studiengangs Medizinische Informatik und nimmt engagiert die Studiengangsleitung und -koordination wahr.

3. Lehre am Institut für Medizinische Informatik

In der Lehre ist die Ausbildung von Studierenden in den Methoden der Medizinischen Informatik auf Spitzenniveau unser Ziel. Neben Lehrveranstaltungen für Medizininformatiker/innen bieten wir Lehrveranstaltungen für Studierende der Studiengänge Medizinische Ingenieurwissenschaften, Informatik, Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften sowie Humanmedizin an. Es werden die folgenden Lehrveranstaltungen vom Institut angeboten:

- Einführung in die Medizinische Informatik
- Medizinische Bild- und Signalverarbeitung
- Bildanalyse und Visualisierung in Diagnostik und Therapie
- Computergrafik
- Informatik im Gesundheitswesen - eHealth
- Gesundheitsökonomie
- Verfahren und Systeme im Gesundheitswesen
- Informationsmodelle und Ontologien in der Medizin
- Bachelor-Seminar zu aktuellen Themen der Medizinischen Informatik
- Master-Seminar zu aktuellen Themen der Medizinischen Bildverarbeitung und eHealth
- Oberseminar Medizinische Informatik
- Bachelor-Projektpraktikum Medizinische Informatik
- Bachelor-Projekt „Softwareschnittstellen im Gesundheitswesen"
- Master-Fallstudie zur professionellen Produktentwicklung in der Medizinischen Informatik
- Querschnittsbereich Epidemiologie, Medizinische Biometrie und Medizinische Informatik, Teilgebiet Medizinische Informatik für Mediziner

Insgesamt wurden seit Gründung des Instituts 39 Studienarbeiten, 52 Diplomarbeiten, 20 Bachelorarbeiten, 8 Masterarbeiten, 11 Dissertationen und 5 Habilitationen betreut und erfolgreich abgeschlossen.



Institut für Medizintechnik (IMT)

http://www.imt.uni-luebeck.de

Thorsten M. Buzug

MISSION

Das Institut für Medizintechnik (IMT) arbeitet an innovativen bildgebenden Verfahren, neuen Methoden der Bildverarbeitung und der Simulation biomedizinischer Prozesse. Ein interdisziplinäres Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den Bereichen Ingenieurswissenschaften, Physik, Informatik, Chemie und Mathematik fokussiert sich dabei sowohl auf physikalische Grundlagen, z.B. bei der Erforschung des Potenzials der magnetischen Nanopartikelbildgebung in der Kardiologie und Onkologie, als auch auf die Weiterentwicklung etablierter Verfahren, z.B. im Feld der Röntgen-basierten Tomographie und der Magnetresonanztomographie (MRT). Bei der Simulation biomedizinischer Prozesse konzentriert sich das IMT auf Wachstumsprozesse maligner Tumore. Das bessere Verständnis dieser Vorgänge soll zu gezielteren Therapieansätzen führen. Allen Forschungsrichtungen des Instituts ist gemeinsam, dass es sich hierbei um die Lösung sogenannter inverser Probleme auf der Basis physikalischer Modelle handelt. Das IMT wird die technischen Grundlagen der Bildgebung (Tracerentwicklung, Instrumentierung, Rekonstruktionsverfahren) in enger Kooperation mit Kliniken und der Industrie weiterentwickeln. Gezielt soll dabei an der Verschmelzung der molekularen Medizin und des Biochemical Engineering mit der technischen Instrumentierung bildgebender Verfahren gearbeitet werden.



Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts für Medizintechnik

ZENTRALE FORSCHUNGSGEBIETE

Magnetische Nanopartikelbildgebung (Magnetic Particle Imaging)

Die direkte magnetische Nanopartikelbildgebung (Magnetic Particle Imaging – MPI) ist eine relativ neue Methode der medizinischen Bildgebung. In der Forschungsgruppe MPI des Institutes werden neue Spulen- und Feldtopologien erforscht (Abb. 1), mit denen die lokale Konzentration von magnetischen Nanopartikeln in biologischem Gewebe direkt und quantitativ gemessen werden kann. Grundsätzlich nutzt diese Methode dazu magnetische Felder und die speziellen Magnetisierungseigenschaften der Nanopartikel aus, um aus den aufgenommenen Signalen mit Hilfe von mathematischen Methoden ein Abbild der Verteilung der magnetischen Nanopartikel im Körper zu berechnen.

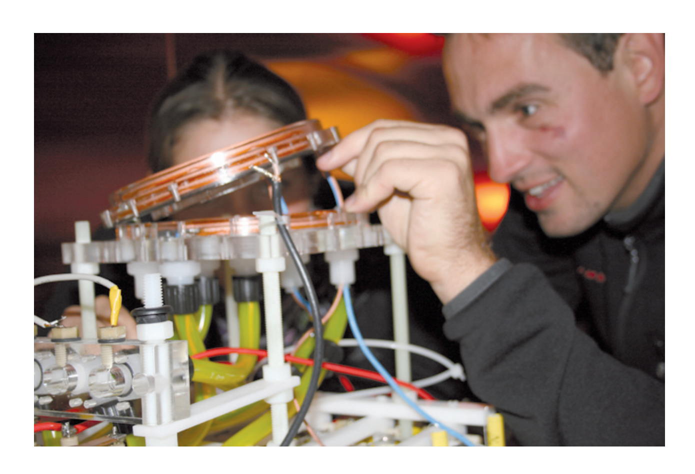


Abb. 1: *Aufbau einer Spulenkonfiguration für das Single-Sided Magnetic Particle Imaging*

Als Tracer kommen nanopartikuläre Systeme aus Eisenoxid zum Einsatz, deren physiologische Eigenschaften maßgeblich durch das verwendete Hüllenmaterial bestimmt werden. Abhängig von diesem unterscheiden sich zum Beispiel die Blutverweilzeit und die Anlagerungskinetik des Tracers, was eine Optimierung für den Einsatz im Bereich verschiedener medizinischer Anwendungen ermöglicht. Die Herstellung und Analytik der Nanopartikel ist ein weiterer Teil der Forschungsbemühungen des Instituts im Netzwerk mit außeruniversitären Instituten, Forschungseinrichtungen und der Industrie. Für die Analytik werden die Standardverfahren wie Photonenkorrelationsspektroskopie, TEM und AFM verwendet. Besonderes Interesse gilt auch den magnetischen Eigenschaften der Nanopartikel, die über ein vom Team entwickeltes magnetisches Nanopartikelspektrometer gemessen werden können.

Röntgenbasierte Bildgebung

Die Computertomographie (CT) zählt zu den wertvollsten diagnostischen Verfahren der Medizin und ist häufig Standard in der klinischen Routine. In der Forschung am IMT stehen Verfahren der Bildrekonstruktion mittels statistischer Oberflächenmodellierung, Dual-Energy-Ansätze, sowie die Korrektur von Metall- und Bewegungsartefakten im Vordergrund. Neben der klassischen CT interessieren wir uns derzeit auch für die Bildrekonstruktion in Tomosynthese-Anlagen.

Modellierung pathologischer Prozesse

Für die Modellierung physikalischer Prozesse beim Tumorwachstum hat das IMT eine Forschungsgruppe aufgebaut, die sich auf verschiedenen Skalen mit Prognosen für Tumore des Gehirns beschäftigt. Auf der makroskopischen Ebene wird ein Ansatz zur Approximation des Masseeffekts von primären Hirntumoren untersucht. Die Progression des Tumors wird mittels einer deterministischen Reaktions-Diffusions-Gleichung modelliert, wobei die Beschreibung der raumfordernden Wirkung des Tumors über die Kopplung der resultierenden Verteilung der Tumorzellkonzentration mit einem parametrischen Deformationsmodell erfolgt. Auf mikroskopischer Ebene wird die raumzeitliche Entwicklung von Zellen modelliert. Hierbei wird die Methode der zellulären Automaten verwendet, um Mitose, Chemotaxis und Nekrose für jede Tumorzelle zu simulieren. Die dritte Ebene der Modellierung beschäftigt sich mit den molekularen Wechselwirkungen. Die Übersetzung des derzeitigen Wissens der molekularen Steuerungsprozesse beim Tumorwachstum soll dabei wiederum an die zelluläre Ebene angekoppelt werden.

Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie kommt ohne ionisierende Strahlung aus. Sie gehört zu den vielseitigsten Bildgebungsmethoden der Medizintechnik und bildet ein dynamisches Forschungsgebiet. Das IMT beschäftigt sich vor allem mit neuen diffusionsgewichteten Magnetresonanzverfahren, die eine genauere Beurteilung der Gewebestruktur ermöglichen sollen. Dabei wird die von Zellmembranen behinderte natürliche Diffusionsbewegung von Wassermolekülen im Gewebe ausgenutzt, um Informationen über die Gewebestruktur zu erhalten.

Kompetenzen des Instituts für Medizintechnik

- Röntgen-basierte Bildgebung (CT, Tomosynthese)
- Magnetic Particle Imaging (MPI)
- MRT-Sequenzprogrammierung
- Magnetic Particle Spektroskopie und Synthese
- Modellierung und Simulation (bio-)physikalischer Prozesse
- Magnetfelddesign, Bildverarbeitung

Dienstleistungen

Mikro-CT

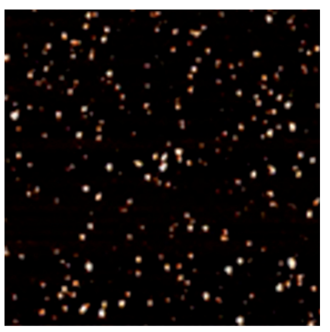
3D Mikrostrukturuntersuchungen an technischen und Bioproben

PCCS - DLS



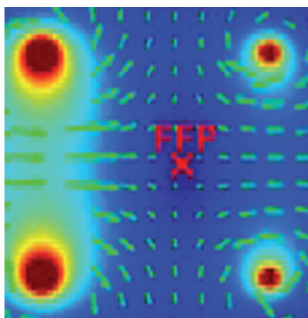
Untersuchung von Größenverteilungen in Suspensionen von Mikro- bis Nanopartikeln

AFM / MFM



Untersuchung der Oberflächenstruktur (AFM) und Oberflächenmagnetisierung (MFM) auf atomarer Skala

Magnetfelddesign



Berechnung und Simulation von Spulenkonfigurationen zur Erzeugung spezieller Magnetfelder

Anwendungsgebiete

Medizintechnik, Materialprüfung (NDT), Sicherheitstechnik

Kontakt:

Direktor:
Prof. Dr. rer. nat. Thorsten M. Buzug
Tel.: +49 451 – 500 5400
E-Mail: buzug@imt.uni-luebeck.de
Web: www.imt.uni-luebeck.de

Juniorprofessor:
Prof. Dr. rer. nat. Martin Koch
Magnetic Resonance Imaging
Tel: +49 451 – 500 3810
E-Mail: koch@imt.uni-luebeck.de

1. Das IMT in den Jahren 1992 – 2006:

Das IMT wurde 1992 als Stiftungsprofessur gegründet im Zusammenhang mit der Errichtung eines Studiengangs Informatik an der MUL zum einen und als Ausdruck der Unterstützung der Erweiterung des Fächerspektrums der Lübecker Universität durch die Firma Dräger zum anderen.

Nach 3 Jahren, 1995, erfolgte die vertragsgemäße Übernahme der Finanzierung als normales Universitätsinstitut durch das Land Schleswig-Holstein. Die Gründung des Instituts erfolgte mit dem Anspruch, eine dreifache Brückenfunktion zu erfüllen:

- als Schnittstelle zwischen den naturwissenschaftlich orientierten und Informatik-orientierten Instituten und der klinischen Forschung.
- als Schnittstelle zwischen der an der Fachhochschule Lübeck ausgebauten Medizintechnik und den klinischen Disziplinen an der Universität (insbesondere sollte dadurch die in der Promotionsordnung vorgesehene Möglichkeit eröffnet werden, dass hochbegabte Fachhochschulabsolventen unter zusätzlich aufzuerlegenden Leistungen, aber ohne nochmalige Aufnahme eines Studiums an einer wissenschaftlichen Hochschule zur Promotion zugelassen werden können).
- als Schnittstelle zwischen universitärer Forschung und angewandter Forschung in der Industrie.

Entsprechend basierten die am Institut bearbeiteten Forschungsthemen auf ingenieur- und naturwissenschaftlicher Grundlage in engem Bezug zu klinischer Anwendung. Sie lagen im Vorfeld industriellen Interesses.

1.1 Die Entwicklung des Instituts bis 2003

Die Entwicklung des Instituts in den ersten Jahren wurde weitgehend mitbestimmt durch den als Gründungsdirektor berufenen Ewald Konecny.

Ewald Konecny wurde 1935 im tschechischen Troppau, im Sudetenland geboren. 1954 legte er in Nürnberg das Abitur ab und studierte als Staatsstipendiat des Landes Bayern Phy-

sik an der TU München. 1959 erlangte er das Diplom, 1963 promovierte er mit einer Arbeit über „Massenspektrometrische Trennung von Kernspaltungsfragmenten“ zum Dr. rer. nat.. Die Untersuchungen dazu erfolgten am ersten deutschen Kernspaltungsreaktor. 1967 habilitierte E. Konecny an der Universität Gießen mit einer Arbeit über symmetrische und asymmetrische Kernspaltung von Radium. 1974 folgten ausländische Forschungsaufenthalte, u.a. am amerikanischen Los Alamos Scientific Laboratory.



1975 erfolgte der Wechsel in die Industrie. Die Drägerwerk AG in Lübeck gewann ihn für den Aufbau der Grundlagenentwicklung und eines Labors für angewandte Forschung. Dabei ging es um die Entwicklung mittelfristiger Unternehmensstrategien, welche Technologien in die Dräger-Produkte integriert und weiterentwickelt werden sollten. 1981 erfolgte die Berufung zum Leiter der gesamten Entwicklung bei Dräger. In der Medizintechnik waren damals die vornehmlichen Aufgaben die Einführung der Sensorik und elektronisch gesteuerter Aktuatorik in die Anästhesie- und Beatmungsgeräte, die Einführung einfacher elektronischer Intelligenz durch Mikroprozessoren und die Verbindung von Therapie- und Monitoringgerät zu so genannten „integrierten Arbeitsplätzen“.

Optische Verfahren zum Patienten-Monitoring

Optische Verfahren gestatten nichtinvasive (bzw. minimalinvasive) Bestimmung wichtiger Parameter, die Aufschluss geben über Organfunktionen und Kreislauf des Patienten. Das „physiologische Fenster“ für elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von ca. 650 nm ist durch die geringe Absorption im Gewebe gekennzeichnet, die ein „Hineinsehen“ in den Körper im Bereich einiger mm bis cm gestattet. In diesem Bereich ist es insbesondere möglich, die Oxygenierung und Zusammensetzung des Blutes von außerhalb der Körperoberfläche aus zu erfassen. Dies geschieht mit der sog. Pulsoximetrie. Obwohl diese Methode sich im letzten Jahrzehnt zum wichtigsten Monitoringverfahren sowohl während der Operation als auch in der Intensivpflege entwickelt hat, fehlte eine apparative objektive, Beurteilungsmethode. Eine solche ist entwickelt und systematisch untersucht worden. Auch andere dabei nicht invasiv aufgenommene Patientendaten, wie die sog. plethysmographische Kurve, lassen sich systematisch klassifizieren und liefern nützliche Daten zur Beurteilung des physiopathologischen Zustands des Patienten.

Andererseits lassen sich die verwendeten optischen Techniken im sichtbaren und im Nah-Infrarot-Bereich hervorragend zu ebenfalls nichtinvasiven Analysen des Ausatemgases benutzen, z.B. zur Erkennung des Befalls mit dem Bakterium „helicobacter pylori“, dessen Existenz als nahezu notwendige Voraussetzung für die Bildgebung von Magengeschwüren und Magenkarzinomen erkannt wurde.

Elektrische Gehirnaktivität und Narkosetiefe

Bei einer Vollnarkose ist das direkte Einwirkorgan für die Narkotika das Gehirn. Begrenzter Zugang zur Abschätzung des Funktionszustandes des Gehirns ist möglich über die Verfolgung der spontanen und induzierten elektrischen Gehirnaktivität. In einer europaweiten multizentrischen Studie wurden EEGs und evozierte Potentiale nach verschiedenen vereinbarten Protokollen und unter Verwendung verschiedenartiger – inkl. nichtlinearer – mathematischer Methoden analysiert und klassifiziert. Diese Arbeiten wurden sowohl 1996 und 1997 von der American Society of Anesthesiology auf den Jahreskongressen in New Orleans bzw. San Diego als jeweils beste medizintechnische Beiträge mit dem Technology Innovation Award ausgezeichnet.

Simulationstechnik in der Pädiatrie

Insbesondere für Frühgeborene mit geringem Körpergewicht (unter 1000 g) ist die Aufrechterhaltung eines bekömmlichen Klimas, d.h. insbesondere von geeigneter Temperatur und Feuchtigkeit, lebenswichtig. Handhabungen am Kind können zu empfindlichen Störungen führen. Zur besseren Beherrschung und Prognoseunterstützung wurden die klimatischen Bedingungen für Frühgeborene bzgl. Temperatur und Feuchtigkeit im Modell untersucht und im Rechner und in einem Hardware-Modell modelliert.

Im Einzelnen wurden die Forschungsarbeiten durchgeführt von: PD Dr. Werner Nahm, habilitiert 1999 für Medizintechnik an der Universität zu Lübeck, Dr. Christoph Hornberger (heute Prof. für Medizintechnik an der FH Trier). Im Rahmen der Doktorarbeiten von: Congwu Du (1996), Torsten Frankenberger (1996), Jochen Abke (1998; heute Prof. für Medizinische Messtechnik an der FH Lübeck), Matthias Kelling (1999), Philipp Knoop (1999), Siegfried Kästle (1999), Otmar Bußmann (2000), Zuhdi-Eldin Hussein (2002), Jianling Weng (2002), Uwe Heinrichs (2002), Paul Mannheimer (2004), Holger Matz (2004), Vera Herrmann (2004).

Gerade für ein vergleichsweise kleines Institut war es notwendig, engen Kontakt zum wissenschaftlichen Umfeld in Universität und Industrie zu halten. Dies geschah durch das Engagement bei der Veranstaltung internationaler Kongresse und Symposien und durch Mitarbeit in zahlreichen überregionalen Organismen im internationalen BMT-Netzwerk.

Im September 2003 wurde – mit 68 Jahren – E. Konecny mit einem internationalen Symposium in den Ruhestand verabschiedet (Organisator: Prof. Dr. H. Gehring, Klinik für

Anästhesiologie). Als Bestätigung für eine erfolgreiche Aufbauarbeit darf gewertet werden, dass die Expertenkommission zur Hochschulentwicklung in Schleswig-Holstein („Erichsen-Kommission") im Frühjahr 2003 die Medizintechnik in Lübeck besonders hervorhob und deren weiteren Ausbau empfahl.

Die Wiederbesetzung des Lehrstuhls erwies sich dennoch zu Anfang recht schwierig. Erst eine zweite Berufungsliste brachte den erhofften Erfolg. In der Zwischenzeit (2003 – 2006) wurde das Institut kommissarisch nacheinander von den Professoren Til Aach, Achim Schweikard und Erik Maehle verwaltet.

2. IMT in den Jahren 2006 - heute: Thorsten M. Buzug

Thorsten M. Buzug ist seit 2006 Direktor des Instituts für Medizintechnik an der Universität zu Lübeck. Er promovierte 1993 im Fach Angewandte Physik an der Universität zu Kiel. Nach einer postdoktoralen Position an der Forschungsanstalt der Bundeswehr für Wasserschall- und Geophysik (FWG) in Kiel, wo er im Bereich der Unterwasserbildgebung an SONAR-Systemen arbeitete, wechselte er 1994 zu den Philips Forschungslaboratorien Hamburg. Als Leiter des Forschungsclusters Bildverarbeitung war Prof. Buzug dort für sämtliche Projekte der medizinischen Bildverarbeitung verantwortlich. Prof. Buzug wurde 1998 auf eine C3-Professur für Physik und Medizintechnik am RheinAhrCampus Remagen der FH Koblenz berufen. Dort hat er als Vorsitzender des akademischen Aufbauausschusses den Aufbau des neuen Hochschulstandortes als Umsetzung des Bonn-Berlin-Ausgleichvertrags verantwortet. An der Universität zu Lübeck ist er derzeit Vizepräsident mit dem Ressort Technologietransfer.

Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der medizinischen Bildgebung und Bildverarbeitung. Prof. Buzug interessiert sich dabei insbesondere für die magnetische Nanopartikelbildgebung und Computertomographie sowie für die Simulation biomedizinischer, aber auch technischer Prozesse. Prof. Buzug ist Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft Medizintechnik e.V. (AGMT) in Norddeutschland und hat den neuen Studiengang Medizinische Ingenieurwissenschaft an der Universität zu Lübeck entworfen und in der Akkreditierung umgesetzt.


Foto: Thomas Berg

2.1 Aktuelle Forschungsschwerpunkte des Instituts für Medizintechnik

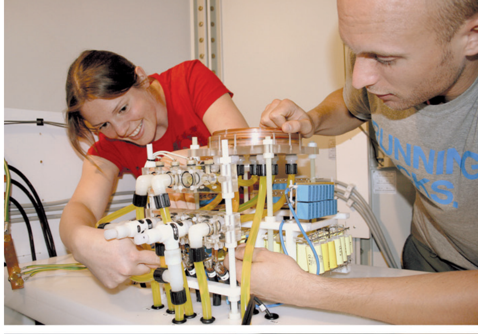
Das Hauptinteresse des Instituts liegt in der Erforschung der physikalisch-technischen Prinzipien der Erzeugung medizinischer Bilder. Die medizinische Bildgebung ist eine physiknahe Ingenieurwissenschaft, die erforscht, mit welchen Wechselwirkungen zwischen Energie und Gewebe räumlich aufgelöste Signale von Zellen oder Organen gewonnen werden können, die die Form und/oder Funktion eines Organs charakterisieren. Hier interessiert sich das Team des Instituts für die magnetische Nanopartikelbildgebung, die Computertomographie und die Magnetresonanztomographie. Durch die medizinische Bildgebung ist es heute möglich, Organveränderungen in dreidimensionalen Repräsentationen zu visualisieren, was erhebliche Verbesserungen für Diagnostik, Therapieplanung und bildgeführte sowie roboterunterstützte Intervention bedeutet. Das automatisierte Tracking einzelner Zellen für die therapeutische und industrielle Zellkultur ist eine Technik, die ebenfalls künftig große Bedeutung erlangen wird. Der aktuell sich am schnellsten entwickelnde Bereich der Bildgebung ist das Molecular Imaging. Hier arbeitet das Team in Kooperation mit der in Lübeck ansässigen Fraunhofereinrichtung für Marine Biotechnologie (EMB) und dem Forschungszentrum Borstel an neuen Ansätzen zur Abbildung molekularmedizinischer Prozesse. Diese werden durch Weiterentwicklung der bisherigen Bildgebungsmethoden oder, wie zum Beispiel bei der direkten magnetischen Nanopartikelbildgebung, mit völlig neuen physikalischen Prinzipien sichtbar gemacht, was eine noch spezifischere Diagnostik ermöglicht und die Durchführung molekularer lokaler Therapien mit Hilfe der Bildgebung und Echtzeitbildverarbeitung erlauben wird. Häufig ist es aber auch so, dass mit den derzeit verfügbaren Modalitäten nicht alle pathologischen Prozesse abgebildet werden können. Das gilt ganz besonders für Glioblastome, eine sehr bösartige Tumorentität des Gehirns. Vor allem der diffuse, infiltrative Charakter dieses Tumors stellt ein Problem für die Therapie dar, zumal die Konzentration von migrierten Tumorzellen meist unterhalb des Detektionsschwellenwertes moderner bildgebender Verfahren liegt und diese Zellen Ausgangspunkt von Rezidiven sind. Im Rahmen eines weiteren Forschungsvorhabens wird daher versucht, die zugrundeliegenden medizinischen und physikalischen Prozesse in eine mathematische Beschreibung zu überführen und somit dreidimensionale Bilddaten zu errechnen, welche die Verteilung der Tumorzellen innerhalb des Gehirns widerspiegeln.

Magnetische Nanopartikelbildgebung (Magnetic Particle Imaging)

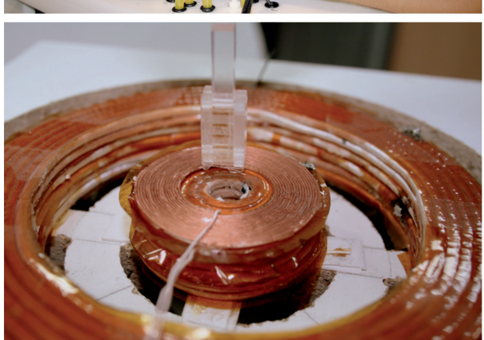
Die direkte magnetische Nanopartikelbildgebung (Magnetic Particle Imaging – MPI) ist eine relativ neue Methode der medizinischen Bildgebung. In der Forschungsgruppe MPI werden neue Spulen- und Feldtopologien erforscht, mit denen die lokale Konzentration von magnetischen Nanopartikeln in biologischem Gewebe direkt und quantitativ gemessen werden kann (siehe Abb. 2).

geforscht, für die das Team 2008 den Innovationspreis des BMBF erhalten hat. Die Herstellung und Analytik der Nanopartikel ist ein weiterer Teil der Forschungsbemühungen im Netzwerk mit außeruniversitären Instituten, Forschungseinrichtungen und der Industrie. Für die Analytik werden die Standardverfahren wie Photonenkorrelationsspektroskopie, TEM und AFM (siehe Abb. 3), verwendet. Insbesondere interessieren die magnetischen Eigenschaften der Nanopartikel, die über ein vom Institut entwickeltes magnetisches Nanopartikelspektrometer gemessen werden können.

Aufbau eines MPI-Scanners am IMT

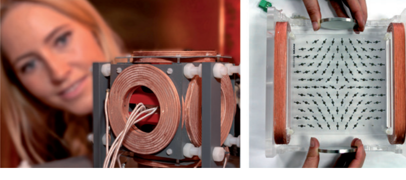


Phantom-messung





Superparamagnetische Eisenoxid-Nanopartikel dienen als Tracer-Material und werden am Institut für Medizintechnik hergestellt



Veranschaulichung der physikalischen Prozesse

Abb. 2: *Laborprototyp eines Magnetic Particle Imaging Devices.*

Grundsätzlich nutzt diese Methode dazu magnetische Felder und die speziellen Magnetisierungseigenschaften der Nanopartikel aus, um aus den aufgenommenen Signalen mit Hilfe von mathematischen Methoden ein Abbild der Verteilung der magnetischen Nanopartikel im Körper zu berechnen. Als Tracer kommen nanopartikuläre Systeme aus Eisenoxid zum Einsatz, deren physiologische Eigenschaften maßgeblich durch das verwendete Hüllenmaterial bestimmt werden. Abhängig von diesem unterscheiden sich zum Beispiel Blutverweilzeit und Anlagerungskinetik des Tracers, was eine Optimierung für den Einsatz im Bereich verschiedener medizinischer Anwendungen ermöglicht.

In Kooperation mit der Klinik für Frauenheilkunde wird derzeit intensiv an der Sichtbarmachung der Pharmakokinetik der Nanopartikel-Anreicherung in Lymphknoten im Rahmen der sogenannten Wächterlymphknotenbiopsie

Mit Partnern der Klinik für HNO ist das Team unter anderem an der Beladung von Tumorstammzellen mit Nanopartikeln interessiert.

Röntgenbasierte Bildgebung

Die Computertomographie zählt zu den wertvollsten diagnostischen Verfahren der Medizin und ist häufig Standard in der klinischen Routine. Zusammen mit einem Hersteller im „Advanced Dental Imaging"-Sektor forscht eine weitere Gruppe des Instituts an Methoden der dentalspezifischen, auf diagnostische und therapeutische Möglichkeiten in Chirurgie, Prothetik, Kieferorthopädie und Zahnerhaltung zugeschnittenen Computertomographie. Hierbei stehen Verfahren der Bildrekonstruktion mittels statistischer Oberflächen-Modellierung, Dual-Energy-Ansätze für die dentale 3D-Bildgebung und die Korrektur von Bewegungsartefakten

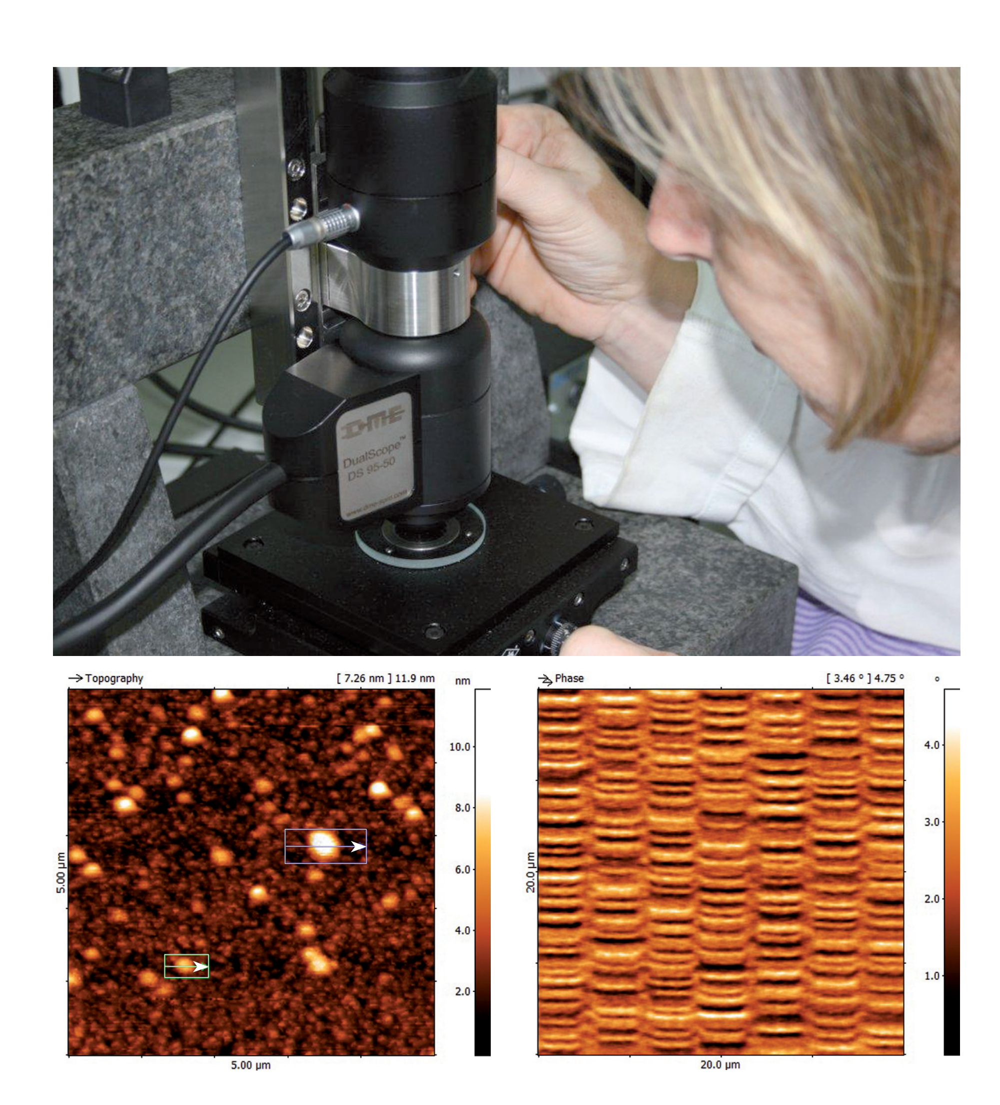


Abb. 3: *Atomic-Force Microscopy (oben - AFM): Messungen des Nanopartikel auf einer Glimmeroberfläche (unten links) und Messung der Oberflächenstruktur einer CD-ROM (unten rechts).*

im Vordergrund. Für eingehende Untersuchungen der Themenbereiche stehen Bilder einer 3D-Dental-Anlage zur Verfügung. Bei diesem System wird eine Kegelstrahlgeometrie verwendet, die als Niedrig-Energie-System ausgelegt ist. Daher ist das System mit der Situation einer inhärent limitierten Bildqualität konfrontiert. Auf zahnmedizinische Fragestellungen zugeschnittene State-of-the-Art-Untersuchungen zur Steigerung der Bildqualität von 3D-Röntgenbildern stellen daher ein aktuelles Forschungsgebiet dieser Kooperation dar. In einer weiteren Kooperation mit Siemens Healthcare (Erlangen) werden weitere Themen der Metallartefaktreduktion für die neuartigen Dual-Source-CT-Scanner entwickelt. Hierzu hat Siemens dem Institut unter anderem einen Computertomographen (Siemens Smile) zur freien Verfügung gestellt. Neben der klassischen CT interessiert sich das Team derzeit auch für die Bildrekonstruktion in Tomosynthese-Anlagen.

Modellierung pathologischer Prozesse

Für die Modellierung physikalischer Prozesse beim Tumorwachstum wurde eine Forschungsgruppe innerhalb des Instituts eingerichtet, die sich auf verschiedenen Skalen mit Prognosen für eine spezielle Entität eines Hirntumors beschäftigt (siehe Abb. 4). Auf der makroskopischen Ebene wird zum Beispiel ein neuartiger Ansatz zur Approximation des Masseeffekts von primären Hirntumoren (Glioblastome Multiforme: GBM) untersucht. Die Progression des Tumors wird mittels einer deterministischen Reaktionsdiffusionsgleichung modelliert, wobei die Beschreibung der raumfordernden Wirkung des Tumors über die Kopplung der resultierenden Verteilung der Tumorzellkonzentration mit einem parametrischen Deformationsmodell erfolgt, das auf der direkt-manipulierenden Free-Form-Deformation basiert. Auf mikroskopischer Ebene wird die Raum-

zeitliche Entwicklung von Zellen modelliert. So wird beispielsweise das Tumorverhalten in Abhängigkeit von einer vorliegenden Nährstoffkonzentration untersucht. Für die Berechnung der Nährstoffverteilung einer nahegelegenen Nährstoffquelle wird die Lösung zweier partieller Differentialgleichungen mit Hilfe der finiten-Elemente-Methode bestimmt. Die hieraus resultierende Verteilung der Nährstoffe hat direkten Einfluss auf die durch das Modell abgebildeten zellulären Prozesse und umgekehrt. Hierbei wird die Methode der zellulären Automaten verwendet, um Mitose, Chemotaxis und Nekrose für jede Tumorzelle zu simulieren. Darüber hinaus werden Immunzellen in das Modell integriert, die zusätzlich Tumorzellen zerstören können. Diese Aktionen werden in Abhängigkeit von der Nährstoffkonzentration und der jeweiligen Populationsanzahl durch wahrscheinlichkeitsbedingte Modelle gesteuert. Die Untersuchung der zeitlichen Tumorentwicklung auf Zellebene erscheint besonders wichtig, da hier stochastische Prozesse berücksichtigt werden können. Das eröffnet Ansätze, die Wirkung von strahlentherapeutischen Interventionen mit einzubeziehen. Eine gerade begonnene Arbeit zur dritten Ebene der Modellierung beschäftigt sich mit den molekularen Wechselwirkungen. Die Übersetzung des derzeitigen Wissens der molekularen Steuerungsprozesse beim Tumorwachstum soll dabei wiederum an die zelluläre Ebene angekoppelt werden. Die Gleichungen, die hier die molekulare Kinetik beschreiben, sind nichtlineare, gekoppelte Systeme, deren Instabilitäten zu chaotischen Zustandsentwicklungen führen können.

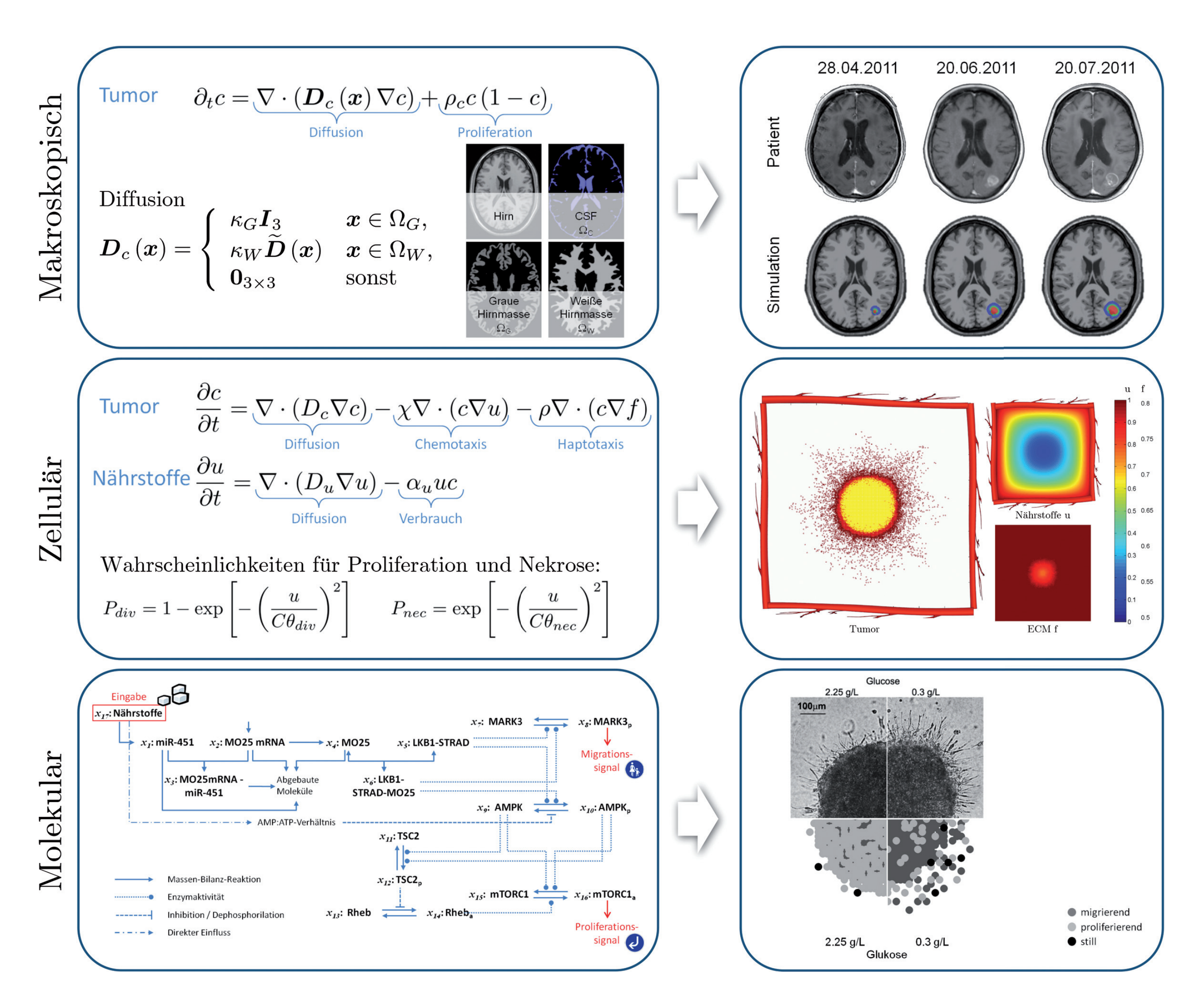
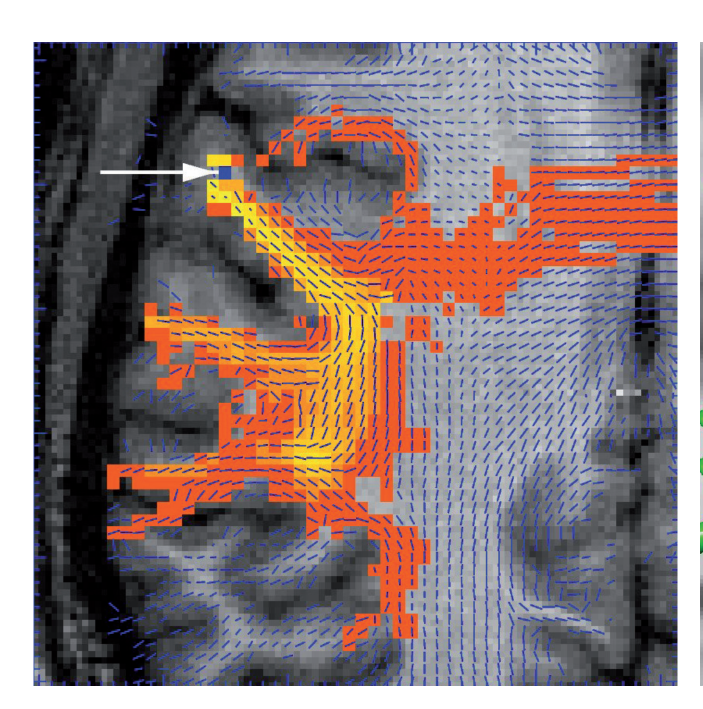


Abb. 4: Multiskalen-Ansatz der Modellierung des Tumorwachstums beim Glioblastom.

Magnetresonanzbildgebung

Die Magnetresonanzbildgebung hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte zu einem unverzichtbaren Werkzeug der klinischen Diagnostik entwickelt. Das trifft vor allem auf die Darstellung von Weichteilen und Gelenken zu. Das Gebiet entwickelt sich schnell und erschließt immer neue Anwendungsmöglichkeiten. Charakteristisch ist dabei vor allem die vielfältige Art der abrufbaren Informationen. Interessante Möglichkeiten, die Mikrostruktur von biologischem Gewebe, einschließlich möglicher pathologischer Veränderungen, quantitativ und nichtinvasiv zu messen, ergeben sich aus der diffusionsgewichteten MR-Bildgebung. Dabei wird ausgenutzt, dass die sich ständig bewegenden Wassermoleküle im Gewebe wie eine Sonde die Gewebestruktur abtasten, da ihre Bewegung durch Zellmembranen behindert oder begrenzt wird. Diffusionsgewichtete Aufnahmen sind zwar, v. a. beim Hirninfarkt, bereits Teil der klinischen Routine, in jüngerer Zeit wurden aber neue, weitergehende Ansätze der diffusionsgewichteten Bildgebung zur Beurteilung der Gewebsmikrostruktur entwickelt (siehe Abb. 5). Hier liegt der Forschungsschwerpunkt des IMT im Bereich Magnetresonanz-Bildgebung. Mit der sogenannten Doppelwellenvektor-Diffusionswichtung kann man Informationen über die Form und Größe von wassergefüllten Hohlräumen, wie sie tierische Zellen darstellen, gewinnen. Aus der Kombination mit anderen Verfahren wie *q-space imaging* oder Diffusionstensor-Bildgebung verspricht man sich neue Möglichkeiten zur Beurteilung der Gewebestruktur in vivo. Bei der Analyse der Daten werden nicht nur Registrierungsverfahren eingesetzt. Für manche Daten müssen neue Algorithmen konstruiert und umgesetzt werden. Dazu gehören solche, die aus einer Menge an lokalen Einzeldaten ein sich über einen ganzen Bereich erstreckendes Objekt zusammensetzen. Ein Beispiel dafür ist das sogenannte *Fibre Tracking*, das aus gemessenen Diffusionstensor-Daten die Form und Stärke von Nervenfaserverbindungen im menschlichen Gehirn rekonstruieren kann. In solche Algorithmen können auch Informationen aus anderen MRT-Messungen eingebaut werden. Die verschiedenen mit Hilfe der Magnetresonanzbildgebung gewonnenen Daten können auch in Modellen zur Vorhersage von Tumorwachstum verwendet werden. Hier liegt eine wichtige Schnittstelle zur Arbeitsgruppe zur Modellierung pathologischer Prozesse im Institut.



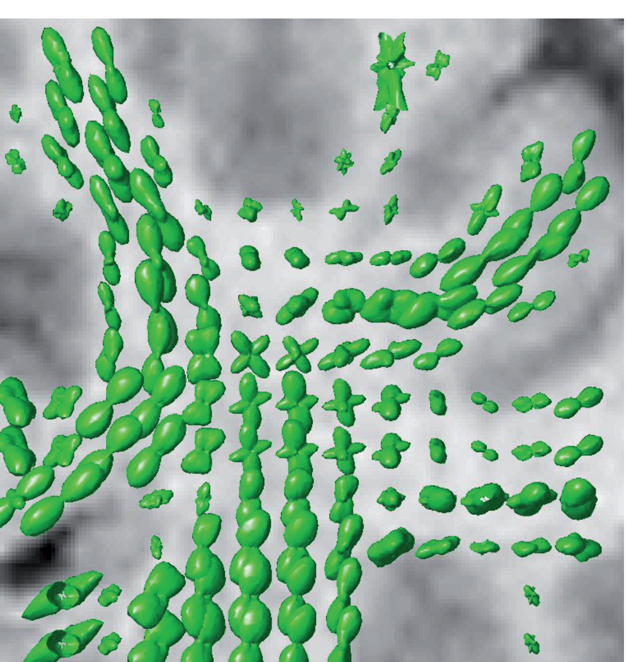


Abb. 5: *Links: Probabilistisches Fibre Tracking auf der Grundlage von Diffusionstensor-Bildgebung. Ein Monte-Carlo-Verfahren wurde hier benutzt, um die Hauptfaserstränge in der weißen Substanz des menschlichen Gehirns sichtbar zu machen, die von dem blau markierten Voxel ausgehen. Rechts: Diffusionstensor-Bildgebung erlaubt an Stellen, an denen sich mehrere Faserstränge kreuzen, nur sehr eingeschränkte Aussagen. Die Hauptrichtungen der Fasern an solchen Stellen sind aus den Daten nicht rekonstruierbar. Ansätze wie das 3-dimensionale q-space imaging, welche die Wahrscheinlichkeitsdichte der Molekülverschiebung durch Diffusion in ihrer Form direkt vermessen, können hier helfen. Die grünen Flächen zeigen Isoflächen der auf diese Weise gemessenen Wahrscheinlichkeitsdichte (nach Abzug des isotropen Anteils). Aus ihnen können die Faserrichtungen in einem Voxel auch an Kreuzungsstellen rekonstruiert werden.*

3. Beiträge in der Lehre

3.1 Modulverantwortungen

Vorlesungen

- Physik I - Mechanik und Wärmelehre (Wintersemester)
  MIW (1. Sem. Bachelor, Pflicht), MLS (1. Sem. Bachelor, Pflicht)
- Physik II - Elektrodynamik, Optik, und Physik der Materie (Sommersemester)
  MIW (2. Sem. Bachelor, Pflicht), MLS (2. Sem. Bachelor, Pflicht)
- Einführung in die Medizintechnik (Sommersemster)
  MIW (2. Sem. Bachelor, Pflicht), Inf (2. Sem. Bachelor, Pflicht)
- Medizinische Bildgebung (Wintersemester)
  MIW (5. Sem. Bachelor, Pflicht)
- Ringvorlesung Industrielle Medizintechnik (Wintersemester)
  MIW (Bachelor und Master aller Semester)
- Bildgebende Systeme I / Imaging Systems I - Computed Tomography CT (Winter Term, in English)
  MIW (1. Sem. Master, Pflicht), MML (1. Sem. Master, Wahlpflicht), Inf (1. Sem. Master, Wahlpflicht)
- Bildgebende Systeme II - Magnetic Resonance Imaging MRI (Sommersemester)
  MIW (2. Sem. Master, Pflicht), MML (2. Sem. Master, Wahlpflicht), Inf (2. Sem. Master, Wahlpflicht)
- Signals and Systems in Medical Imaging (Winter Term, in English)
  Biomedical Engineering (1. Sem. Master, compulsory course)
- Image Processing (Summer Term, in English)
  Biomedical Engineering (Master, elective course)
- Inverse Probleme der Bildgebung (Tomographische Verfahren, Sommersemester)
  MIW, MML, Inf (2. Sem. Master Wahlpflicht)
- Quantenmechanik medizinischer Diagnose- und Therapieverfahren (unregelmäßig, Master Wahlpflicht)
  MIW, MML, Inf

Praktika

- Praktikum Allgemeine und Anorganische Chemie für MML und MIW (Wintersemester)
- Praktikum Allgemeine und Anorganische Chemie für Studierende der Medizin (Winter- und Sommersemester)
- Praktikum Physik für MIW und MLS (Wintersemester)
- Praktikum Physik für Studierende der Medizin (Sommersemester)
- Wahlpflichtprojekt: Bildgebung / Medizinische Bildgebung (Winter- und Sommersemester)

Seminare

- Undergraduate Seminar: Medical Imaging (in English)
  (Bachelor-Seminar: Medizinische Bildgebung)
- Graduate Seminar: Image and Signal Computing (in English)
  (Oberseminar: Medizinische Signal- und Bildverarbeitung)

Sonstige regelmäßige Veranstaltungen

- Studierendentagung 2013 (zwischen Winter- und Sommersemester)
  MIW (3. Sem. Master, Pflicht)
- MIW Studierenden-Vollversammlung (Bachelor und Master)

3.2 Programmverantwortung: Bachelor-/Master-Studiengang Medizinische Ingenieurwissenschaft an der Universität zu Lübeck

Im Dezember 2006 wurde das Institut für Medizintechnik von der Technisch-Naturwissenschaftlichen Sektion gebeten, einen neuen Studiengang im Bereich der Medizintechnik zu organisieren. In Abgrenzung zu den typischen Programmen für Medizintechnik, die heute überwiegend von Fachhochschulen angeboten werden, wurde ein grundständiges, konsekutives Bachelor-/Master-Programm *Medizinische Ingenieurwissenschaft* konzeptionell erarbeitet. Dieses Programm hat eine starke physikalische Prägung und konnte mit Ausnahmegenehmigung des Wissenschaftsministeriums Schleswig-Holstein bereits im Wintersemester 2007/2008 die ersten Studierenden aufnehmen. Das Programm wurde 2008 von der ASIIN erfolgreich akkreditiert und befindet sich nun in der Vorbereitung zur Re-Akkreditierung 2014. Heute ist die Nachfrage nach Studienplätzen sehr groß, so dass die 95 Plätze mit einem Numerus Clausus versehen werden mussten.

Der inhaltliche Schwerpunkt des Studienprogramms wird besonders auf die Teilgebiete medizinische Visualisierung und medizinische Photonik gelegt. Neben der exzellenten Grundlagenausbildung dieses Bereiches der Medizintechnik im Bachelor-Programm und der intensiven Vertiefung der theoretischen Kenntnisse im Master-Programm, wird den Studierenden im Rahmen eines Mobilitätsfensters viel Flexibilität geboten. Dieses Mobilitätsfenster dient als ausgezeichnete Ergänzung zum theoretischen Wissen, um praktische Erfahrungen im Bereich der Forschung und Entwicklung zu erlangen. Die Durchführung kann dabei sowohl in den Laboren und Instituten der Universität zu Lübeck als auch in internationalen Forschungseinrichtungen und forschungsorientierten Firmen geschehen. Als fester Bestandteil des Studiums findet zudem seit März 2012 alljährlich die Studierendentagung Medizintechnik statt. Diese bildet einerseits den Abschluss des Mobilitätsfensters und andererseits die Möglichkeit, dass sich die Absolventen bereits innerhalb des Studiums auf den wissenschaftlichen Wettbewerb bei internationalen Kongressen vorbereiten können. Die ausgezeichnete Sichtbarkeit und Bedeutung dieser Tagung wird durch die Verleihung gestifteter Preisgelder und



Abb. 6: *Preisträger der ersten Studierendentagung 2012 in den Kategorien bester Vortrag und beste Posterpräsentation. (Foto: René Kube)*

Auszeichnungen für die besten Vortrags- und Posterpräsentationen unterstrichen (Abb. 6). Die Organisation der Tagung tragen dabei das Institut für Medizintechnik und die Medisert GmbH mit Unterstützung der norddeutschen Life-Science-Clusteragentur NORGENTA.

3.3 Beitrag zur Schülerakademie der Universität zu Lübeck



Das Lübecker IngenieurInnen Labor (LILa) ist eine 2011 gegründete Initiative der Schülerakademie der Universität zu Lübeck, welche am Institut für Medizintechnik beheimatet ist. Die von LILa veranstalteten Projekte und Workshops möchten Schülerinnen und Schüler für Ingenieurwissenschaften und Technik und insbesondere die moderne Medizintechnik begeistern. Dabei fördert LILa das Interesse der Schülerinnen und Schüler an den klassischen Naturwissenschaften und betont deren Bedeutung für die moderne Medizintechnik. In Kooperation mit dem Studiengang „Medizinische Ingenieurwissenschaft" soll den Schülerinnen und Schülern die Vielfalt des Arbeitsfeldes eröffnet und Einblicke in Studium und Forschung gewährt werden.

Seit der Gründung von LILa wurden regelmäßige Veranstaltungen etabliert: Im Rahmen von „Schau mal in die Uni" können Schulklassen einen Tag an der Universität verbringen und durch LILa einen Einblick in Studienfächer und aktuelle Forschungsthemen erhalten. Beim 1-Tages-Workshop „Brain Watching" beschäftigen sich Schülerinnen und Schüler mit dem Thema medizinische Bildgebung und Fragestellungen aus der Computertomographie. Besonders begabten Schülerinnen und Schülern bietet LILa die Möglichkeit eines Juniorstudiums, in dem sie bereits während der Schulzeit eine Vorlesung besuchen können. Darüber hinaus steht LILa interessierten Schülerinnen und Schülern mit dem Projekt „E-mentor" per Mail und auch über andere Medien für Informationen zur Studienwahl zur Verfügung. Neben den bestehenden Projekten möchte LILa in Zukunft weitere Veranstaltungen anbieten, welche zusätzliche Schwerpunkte der Medizintechnik einbeziehen.

4. AUSZEICHNUNGEN

ISH-Transferpreis 2012

Durch die Verleihung des ISH-Transferpreises und weiterer Prämien wurden 2012 die Aktivitäten des Instituts für Medizintechnik gewürdigt. Für besondere Leistungen im Wissenstransfer in die Wirtschaft wurde in der Kategorie Universität Professor Thorsten Buzug vom Institut für Medizintechnik mit dem ISH-Transferpreis 2012 ausgezeichnet. Der Preis ist mit 10.000 Euro dotiert. Zusätzlich erhält der Forscher eine Transferprämie im Wert von 20.000 Euro als freie Mittel für neue Transferaktivitäten.

Eine weitere Transferprämie ging an Dipl.-Ing. Timo F. Sattel aus dem Institut für Medizintechnik. Er wurde für das Gründungsprojekt Fork Labs als Nachwuchswissenschaftler ausgezeichnet. Die Preise wurden am 26. November 2012

auf einer Fachtagung in Lübeck von Wissenschaftsministerin Prof. Dr. Waltraud „Wara" Wende und Prof. Dr. Hans-Jürgen Block, Geschäftsführer der Gesellschaft für Energie und Klimaschutz (EKSH) und früherer Vorstand der ISH, an die Preisträger übergeben (Abb. 7).

Mit den Transferpreisen und -prämien hat die Innovationsstiftung Schleswig-Holstein ein bundesweit einmaliges Förderprogramm aufgelegt und mit rund einer Million Euro dotiert. Die ISH wurde Ende 2011 aufgelöst, die heutige Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein (EKSH) hat das Programm „ISH-Transferprämie" mit der nunmehr dritten Antragsrunde zum Abschluss gebracht.



Abb. 7: *Die Preisträger aus dem Institut für Medizintechnik mit Prof. Waltraud „Wara" Wende, Ministerin für Bildung und Wissenschaft Schleswig-Holstein.*

Weitere Auszeichnungen in den letzten 5 Jahren

BMT Studentenwettbewerb 2012 (1. Platz)
verliehen durch die Deutsche Gesellschaft für Biomedizinische Technik im VDE für den besten studentischen Beitrag auf der Jahreskonferenz BMT 2012: Y. M. Levakhina, R. L. Duschka, F. Vogt, J. Barkhausen, T. M. Buzug: A Novel Acquisition Scheme for Higher Axial Resolution and Improved Image Quality in Digital Tomosynthesis, Biomed Tech, 2012, 57, pp. 111-114; DOI: 10.1515/bmt-2012-4067.

BMT Studentenwettbewerb 2012 (2. Platz)
verliehen durch die Deutsche Gesellschaft für Biomedizinische Technik im VDE für den zweitbesten studentischen Beitrag auf der Jahreskonferenz BMT 2012: A. Toma, K. Holl-Ulrich, S. Becker, A. Mang, T. A. Schuetz, M. M. Bonsanto, V. Tronnier, T. M. Buzug: A Mathematical Model to Simulate Glioma Growth and Radiotherapy at the Microscopic Level, Biomed Tech, Proc. BMT, 2012, 57, pp. 218-221; DOI: 10.1515/bmt-2012-4081.

Kongress-Botschafter der Stadt Lübeck 2012
gestiftet von der Stadt Lübeck und der Musik- und Kongresshalle Lübeck für die erfolgreiche Organisation des International Workshop for Magnetic Particle Imaging (IWMPI) 2012 in Lübeck

Fokusfinder 2012 – beste Bachelorarbeit im Bereich Bildverarbeitung
verliehen von der Stiftung Innovation Schleswig-Holstein (ISH) für die beste Bachelorarbeit:
Aileen Cordes: Micro-CT-basierte Validierung digitaler Tomosynthese-Rekonstruktion

BVM-Award 2012 – Kategorie bester Vortrag (1. Platz)
für den Beitrag: M. Erbe, M. Grüttner, T. F. Sattel, T. M. Buzug: Experimentelle Realisierungen einer Trajektorie für die magnetische Partikel-Bildgebung mit einer feldfreien Linie, Bildverarbeitung für die Medizin 2012, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 358-362.

BVM-Award 2012 – Kategorie bestes Poster (1. Platz)
für den Beitrag: A. Toma, A. Régnier-Vigouroux, A. Mang, T. A. Schuetz, S. Becker, T. M. Buzug: In-silico Modellierung der Immunantwort auf Hirntumorwachstum, Bildverarbeitung für die Medizin 2012, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 123-128.

BVM-Award 2012 – Kategorie bester wissenschaftlicher Beitrag (3. Platz)
für den Beitrag: S. T. Gollmer, T. M. Buzug: Formmodellbasierte Segmentierung des Unterkiefers aus Dental-CT-Aufnahmen: Ein vollautomatischer Ansatz, Bildverarbeitung für die Medizin 2012, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 15-20.

WMIC Poster-Preis 2012 (1. Platz)
verliehen durch den World Molecular Imaging Congress (WMIC) für das beste Poster 2012:
M. Erbe, T. F. Sattel, T. M. Buzug: Improved magnetic particle spectrometer providing high field amplitudes for investigation of hysteresis effect in superparamagnetic nanoparticle tracers, World Molecular Imaging Congress, Dublin, 2012.

MathMod-Award 2012 – Kategorie bestes Poster (1. Platz)
für den Beitrag: A. Toma, A. Régnier-Vigouroux, A. Mang, S. Becker, T. A. Schuetz, T. M. Buzug: In-silico Modelling of Tumour-Immune System Interactions for Glioblastomas, Proceedings of the 7th Vienna International Conference on Mathematical Modelling, 2012.

MathMod-Award 2012 – Kategorie bester studentischer Beitrag (1. Platz)
für den Beitrag: T. A. Schuetz, S. Moeller, S. Becker, A. Mang, A. Toma: A Cross-scale Model of Tumor Growth: Do We Need

to Model Molecular Interactions in Separate Artificial Compartments within a Cell?, Proceedings of the 7th Vienna International Conference on Mathematical Modelling, 2012.

UniGründerPreis 2012
gestiftet von dem Technikzentrum Lübeck und der Universität zu Lübeck für die Ausgründungsinitiative Fork Labs (www.fork-labs.de)

UniTransferPreis 2011
gestiftet von Drägerwerk, Olympus, Philips, Ethicon und Möller-Wedel für den erfolgreichen Technologietransfer des Instituts für Medizintechnik.

BMT Studentenwettbewerb 2011 (1. Platz)
verliehen durch die Deutsche Gesellschaft für Biomedizinische Technik im VDE für den besten studentischen Beitrag auf der Jahreskonferenz BMT 2011: M. Erbe, T. F. Sattel, T. Knopp, S. Biederer, T. M. Buzug: An optimized field free line scanning device for magnetic particle imaging, Biomed Tech, 2011, 56, Suppl. 1, DOI 10.1515/BMT.2011.298.

BMT Studentenwettbewerb 2011 (2. Platz)
verliehen durch die Deutsche Gesellschaft für Biomedizinische Technik im VDE für den zweitbesten studentischen Beitrag auf der Jahreskonferenz BMT 2011: A. Heye, S. Becker, A. Mang, T. A. Schütz, A. Toma, T. M. Buzug: A continuous model of tumour progression and radiotherapy, Biomed Tech, 2011, 56, Suppl. 1, DOI 10.1515/BMT.2011.420.

Staatlicher Universitäts-Preis 2011
verliehen durch die Universität zu Lübeck für die beste Promotion im Jahr 2011: T. Knopp: Effiziente Rekonstruktion und alternative Spulentopologien für Magnetic-Particle-Imaging, Vieweg+Teubner, Reihe Medizintechnik, T. M. Buzug (Hrsg.), 2011.

Klee-Preis 2011
verliehen durch die DGBMT – Deutsche Gesellschaft für Biomedizinische Technik im VDE. Preis aus der Stiftung der Familie Klee zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses für die Arbeit: T. Knopp: Effiziente Rekonstruktion und alternative Spulentopologien für Magnetic-Particle-Imaging, Vieweg+Teubner, Reihe Medizintechnik, T. M. Buzug (Hrsg.), 2011.

BVM-Award 2011 – Kategorie bester wissenschaftlicher Beitrag (3. Platz)
für den Beitrag: A. Mang, S. Becker, A. Toma, T. Polzin, T. A. Schütz, T. M. Buzug: Modellierung tumorinduzierter Gewebedeformation als Optimierungsproblem mit weicher Nebenbedingung, Bildverarbeitung für die Medizin, 2011, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Springer, pp. 294-298.

FIT-Award 2010
verliehen durch das Forum of Innovative Therapies (FIT) für das beste wissenschaftliche Paper in den Jahren 2009/2010: A. Mang, S. Becker, A. Toma, T. M. Buzug: Coupling tumor growth with brain deformation: a constrained parametric non-rigid registration problem, SPIE Medical Imaging 2010: Image Processing, Benoit M. Dawant; David R. Haynor, Editors, 2010, 7623, pp. 76230C 1-12.

ISH Transferprämie 2010
für engagierte Kooperation mit Unternehmen und aktiven Wissenstransfer in den Jahren 2008 und 2009.

BVM-Award 2010 – Kategorie bester wissenschaftlicher Beitrag (1. Platz)
für den Beitrag: T. Knopp, S. Biederer, T. F. Sattel, J. Weizenecker, B. Gleich, J. Borgert, T. M. Buzug: Rekonstruktion von Magnetic Particle Imaging Daten mittels einer modellierten Systemfunktion, Bildverarbeitung für die Medizin, 2010, Aachen, Springer, pp. 1-5.

1st Baltic Autumn School Lübeck 2010: Poster Award (2. Platz)
für das Poster: T. A. Schütz, A. Toma, S. Becker, A. Mang, T. M. Buzug: Multiscale Modelling of Brain Tumour Growth: The Influence of EGFR on the Molecular and Cellular Level.

SPIE Michael B. Merickel Best Student Paper Award 2010 – Conference Finalist
für den Beitrag: T. Knopp, T. F. Sattel, S. Biederer, T. M. Buzug: Limitations of Measurement-Based System Functions in Magnetic Particle Imaging, SPIE Medical Imaging, 2010, 76261F (12 pp).

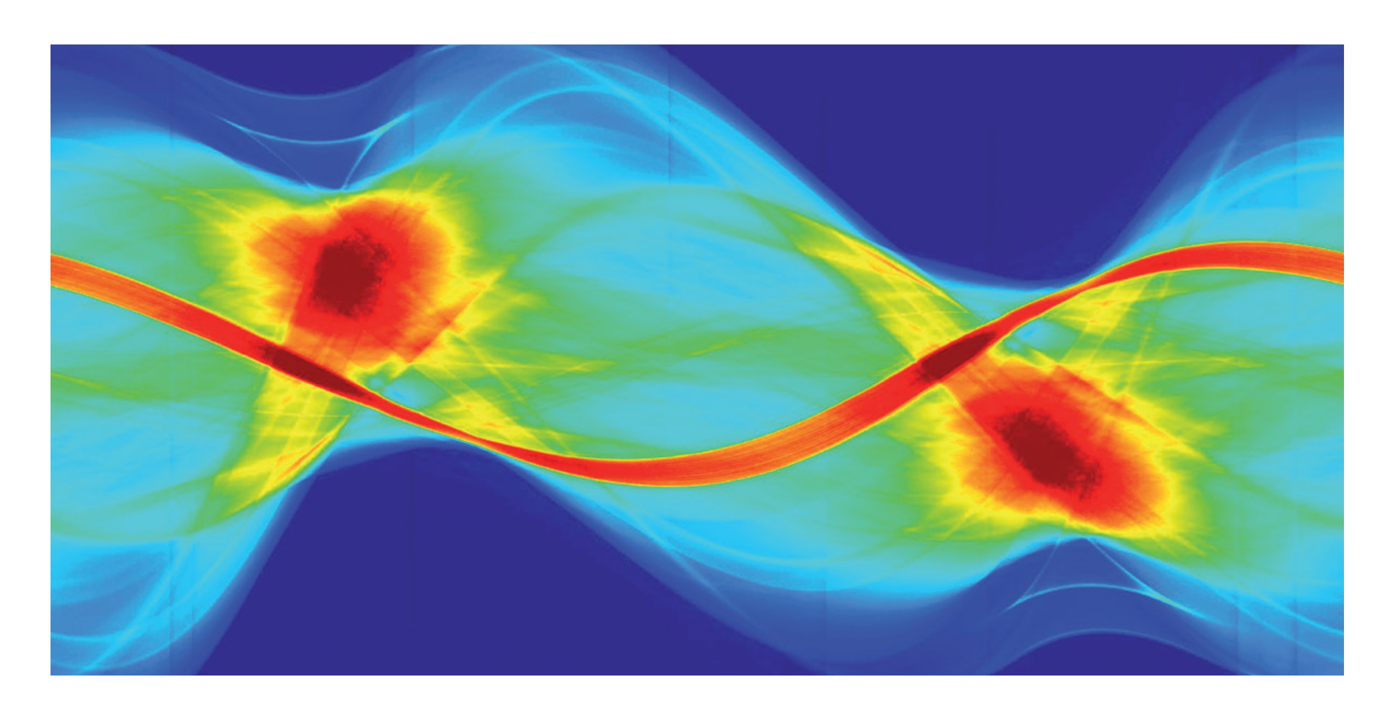
World Congress Biomedical Engineering 2009 Innovation Award – Science
verliehen vom VDE und der Fraunhofer-Gesellschaft für den Beitrag: T. F. Sattel, S. Biederer, T. Knopp, K. Lüdtke-Buzug, B. Gleich, J. Weizenecker, J. Borgert, T. M. Buzug: Single-Sided Coil Configuration for Magnetic Particle Imaging, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Springer IFMBE Series, 2009, September, Munich, 25/VII, pp. 281-284.

World Congress Biomedical Engineering 2009 Innovation Award – Young Talent
verliehen vom VDE und der Fraunhofer-Gesellschaft für den Beitrag: S. Becker, J. O. Jungmann, A. Mang, T. M. Buzug: An Adaptive Landmark Scheme for Modeling Brain Deformation in Diffusion-Based Tumor Growth, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Springer IFMBE Series, 2009, 25/IV, pp. 41-44.

Fokusfinder 2009 – beste Abschlussarbeit im Bereich Bildverarbeitung
für die beste Diplomarbeit: Bärbel Kratz: Angepasste NFFT-Algorithmen zur Metallartefaktkorrektur in der Computertomographie

BMBF-Innovationswettbewerb Medizintechnik 2008
für den Wettbewerbsbeitrag: T. M. Buzug, K. Diedrich, J. Borgert: Magnetic-Particle-Imaging für die Wächterlymphknoten-Biopsie beim Mammakarzinom (Partner: Klinik für Frauenheilkunde UKSH, Campus Lübeck und Philips Research Hamburg)

Forschungsimpressionen aus dem Institut für Medizintechnik:



Sinogramm - Rohdatenanordnung einer CT-Aufnahme mit Metallspur



neue Spulentopologie für einen MPI-Kleintierscanner mit feldfreier Linie



Entwicklung optimaler Nanopartikel als Tracer für das Magnetic Particle Imaging

Institut für Informationssysteme (IFIS)

http://www.ifis.uni-luebeck.de

Volker Linnemann

1. Die Anfänge in Lübeck

Die Vorstellungsvorträge für die C4-Professur Praktische Informatik fanden am 21.04.1993 statt. Mein Vortrag war am Nachmittag. Ich wohnte damals in Heidelberg und kam per Bahn gegen Mittag in Lübeck an. Es war ein warmer, sonniger Frühlingstag. Ich beschloss, den Regenschirm im Hotel zu lassen, weil das Wetter wirklich nicht so aussah, als würde es regnen. Bei der Pizza in einer Lübecker Pizzeria hörte man in der Ferne ein merkwürdiges Grummeln. Als ich dann aus der Pizzeria kam, regnete es. Ich kam also etwas nass in der Universität an, nicht unbedingt die besten Voraussetzungen für einen erfolgreichen Vortrag im Turmgebäude.

Damals gab es noch keine Beamer, sondern man brachte zu Vorträgen ausgedruckte Schwarz-Weiß-Folien für einen Overhead-Projektor mit, die man hier und da per Hand etwas farbig gestaltete. Es gab damals zwar schon ziemlich schwere, große und teure Laptops, aber es war nicht unbedingt üblich, ein solches Gerät zu besitzen. Das WWW war in der Entwicklung befindlich. Ich hatte damals zwar davon gehört, aber noch nicht damit gearbeitet. Das Internet wurde im Wesentlichen für Emails benutzt. Einen Internet-Anschluss hatte man nur im Büro, Internet für zu Hause gab es so gut wie nicht. Drahtloses Internet war Zukunftsmusik. Emails hat man also nur im Büro gelesen und sonst nirgendwo. Handys hatte man üblicherweise auch nicht, weil die sehr teuer, schwer und groß waren. Bahnfahrkarten kaufte man am Schalter und seine Bankgeschäfte erledigte man normalerweise in der Bankfiliale. Eine rudimentäre Vorform des Online-Banking gab es über BTX-Terminals in Postämtern. Hier konnte man über kleine alphanumerische flimmernde Bildschirme mit Tastatur den Kontostand online abfragen und sogar Überweisungen tätigen. Die TAN-Listen, die es heute noch hier und da gibt, obwohl sie veraltet und unsicher sind, wurden für dieses BTX-System erfunden. Damals war noch nicht abzusehen, wie schnell sich die Informationstechnologie entwickeln und wie wesentlich sie in das alltägliche Leben aller Personen eindringen würde. Bankgeschäfte auf den für einige schon zu kleinen Mobiltelefonen nahezu jederzeit und überall waren damals Zukunftsmusik.

Im August 1993 ereilte mich ein Ruf an die Universität zu Lübeck, die damals noch Medizinische Universität zu Lübeck hieß. Prof. Pöppl sagte mir am Telefon, dass man unbedingt zum Wintersemester 1993/94 mit dem Studienbetrieb Informatik mit dem Nebenfach Medizinische Informatik anfangen wolle. Die Berufungsverhandlungen waren im Oktober so weit gediehen, dass ich zum 01. November 1993 im Rahmen eines Lehrauftrages mit der Vorlesung Informatik I begann. Ab 01.12.1993 habe ich dann die Professur vertreten. Ich war damals im Informatik/Mathematik – Teil der einzige Dozent mit einem Ruf auf die entsprechende Professur. Die anderen Berufungsverfahren waren noch nicht so weit, dass sich eine vorläufige Professurvertretung hätte ergeben können. Daher wurden die Mathematik-Veranstaltungen von externen Professurvertretungen gehalten.

Ich hatte zunächst nur einen Arbeitsplatz im Institut für Medizinische Informatik, weil in der für die Informatik und Mathematik vorgesehenen ehemaligen Seefahrtschule noch die Handwerker tätig waren. Im Laufe des Semesters konnte ich dann in mein Büro in der Seefahrtschule umziehen. Ich war zunächst der einzige „Bewohner" der Seefahrtschule. Die Seefahrtschule war mit einer Alarmanlage mit Bewegungsmeldern ausgestattet. Wenn diese scharf geschaltet war, wurde bei der kleinsten Bewegung automatisch die Wachfirma alarmiert. Mein Büro war nicht mit einem Bewegungsmelder ausgestattet, weil das Fenster so hoch war, dass es unmöglich von außen hätte erreicht und aufgebrochen werden können. Es passierte einmal, dass ein Handwerker nicht wusste, dass ich im Gebäude arbeitete. Er schaltete die Alarmanlage scharf, als er das Gebäude verließ. Dieses Scharfschalten wurde durch ein eigenartiges Geräusch von der Alarmanlage angezeigt, das ich damals aber nicht kannte. Als ich nach einer Weile mein Büro verließ, kam ziemlich schnell ein bewaffneter Mitarbeiter der Wachfirma. Wir begegneten uns im Treppenhaus und hatten beide ein mulmiges Gefühl. Ich konnte ihn aber schnell überzeugen, dass ich rechtmäßig im Gebäude war. Er war sichtlich erleichtert. Das gleiche passierte ein paar Wochen später noch mal. Jetzt kannte ich das Geräusch, und ich habe den Hausmeister der Universität angerufen und bin im Büro geblieben, bis er kam. Das war preiswerter als der Einsatz der Wachfirma.

Bis Anfang 1994 konnten wir keine praktischen Übungen am Rechner durchführen, weil der Rechnerpool erst im Januar 1994 installiert war. Die meisten Studentinnen und Studenten kamen jetzt das erste Mal hautnah mit Emails in Berührung. Ich erinnere mich noch, wie begeistert sie waren, als sie sich das erste Mal im Rechnerpool gegenseitig Emails schicken konnten. Als Programmiersprache für die Ausbil-

dung verwendeten wir MODULA-2, eine Weiterentwicklung von PASCAL von Nikolaus Wirth. Java gab es damals noch nicht.

2. Überblick 20 Jahre Institut für Informationssysteme (IFIS)

Das Institut für Informationssysteme wurde als erstes Kerninformatik-Institut zum 01.12.1993 gegründet. Es wurde anfangs in der ehemaligen Seefahrtschule in der Wallstraße 40 in Lübeck untergebracht. Zum 01.04.1994 kamen das Institut für Theoretische Informatik und das Institut für Mathematik als neue Institute ebenfalls in die Seefahrtschule. Da die ehemalige Seefahrtschule für die Unterbringung von 3 voll ausgebauten Instituten mit entsprechenden studentischen Rechnerarbeitsräumen zu klein wurde, zog das Institut für Informationssysteme im Juni 1996 in die Osterweide 8 in Lübeck um. Hier waren von der Universität entsprechende Räume angemietet worden. Nachdem am 15.02.2000 der erste Spatenstich für den Informatik-Neubau stattgefunden hatte, konnte das Institut für Informationssysteme endlich im März 2004 in den Informatik-Neubau auf dem Universitätscampus umziehen. In diesem Neubau sollten zukünftig alle Institute der Informatik und Mathematik untergebracht werden, die auf unterschiedlichste Standorte verteilt waren.

Der Informatik-Neubau wurde nach ein paar Jahren zu klein, daher wurde er in der Zeit Herbst 2009 bis Sommer 2011 um eine weitere Etage aufgestockt. Da das Institut im bis dahin obersten Stockwerk untergebracht war, waren natürlich die baubedingten Beeinträchtigungen (Baulärm, Wasserschaden etc.) besonders groß.

Am 01.05.1994 begann Frau Susanne Markmann als Institutssekretärin. Frau Angela König wurde am 16.06.1996 neue Institutssekretärin, nachdem Frau Markmann am 01.05.1996 Dekanatssekretärin geworden war. Frau König ist bis heute die Sekretärin des Instituts für Informationssysteme.

Herr Dipl. Ing. (FH) Andreas Schmidt-Klieber übernahm am 01.05.1994 die technische Betreuung der Institutsrechner. Da er sich entschied, zum 01.04.1996 in die Industrie zu gehen, wurde er am 01.06.1996 durch Herrn Dirk Laggin, M.A. ersetzt. Herr Laggin wechselte zum 01.05.2000 in das Institut für Neuro- und Bioinformatik, so dass am 01.07.2000 Frau Anke Boettcher-Krause technische Mitarbeiterin am Institut wurde. Frau Boettcher-Krause übernahm am 01.09.2008 eine neue Aufgabe am IT Service Center (ITSC) der Universität. Für sie kam am 01.09.2008 Herr Dipl. Ing. (FH) Nils-Reinhard Fußgänger als technischer Mitarbeiter in das Institut für Informationssysteme.

Die Abbildungen 1, 2, 3, 4, 5 zeigen ein paar ausgewählte Bilder von Promotionen und Lehrstuhlausflügen des Instituts für Informationssysteme.



Abb. 1: *Promotion Martin Kempa 2003*



Abb. 2: *Promotion Henrike Schuhart 2006*

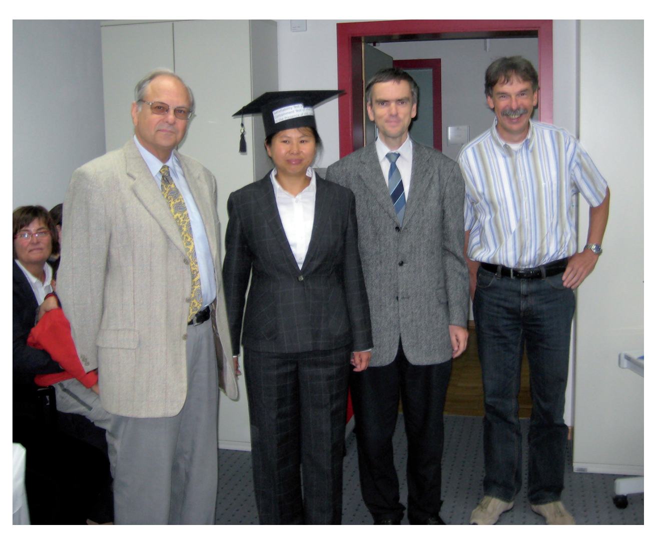


Abb. 3: *Promotion Jinghua Groppe 2008*



Abb. 4: *Lehrstuhlausflug 2006 Fährhaus Rothenhusen*



Abb. 5: *Lehrstuhlausflug 2012 Travemünde. Links im Bild: Gastwissenschaftler Bruno Tardiole Kuehne aus Brasilien*

Der Lehrstuhlausflug 2006 nach Rothenhusen hatte unmittelbaren Einfluß auf die Lehre an der Universität. Auf der Rückseite eines Bierdeckels fand sich die folgende Logelei: Ein Bauer soll mit seinem Ruderboot ein Schaf, einen Kohlkopf und einen Wolf über einen Fluß bringen. Das Boot ist so klein, dass er nur eins davon jeweils mitnehmen kann. Aus naheliegenden Gründen dürfen niemals Schaf und Kohlkopf und auch nicht Wolf und Schaf unbeaufsichtigt bleiben. Wolf und Kohlkopf sind unproblematisch, weil der Wolf keinen Kohl mag. Das Problem lässt sich systematisch mit Hilfe eines Graphen gemäß Abb. 6 lösen. Da in der Vorlesung Algorithmen und Datenstrukturen gerade Graphenalgorithmen dran waren, passte das Problem sehr gut als kleine Auflockerungsübung in die Vorlesung, wo es bis heute seinen festen Platz hat.

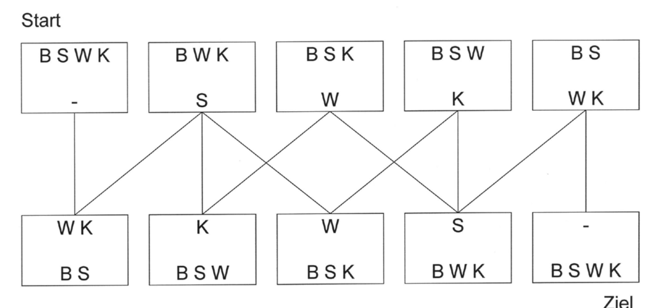


Abb. 6: *B steht für Bauer, S für Schaf, W für Wolf und K für Kohlkopf. Ein Knoten repräsentiert einen zulässigen Zustand an beiden Ufern. Eine Verbindung zwischen zwei Knoten ist ein Zustandsübergang, der aufgrund einer Bootsfahrt möglich ist. Jeder Weg von Start nach Ziel ohne Zyklen repräsentiert eine Lösung. Der Graph zeigt: Es gibt zwei verschiedene Lösungen.*

3. Das Institut für Informationssysteme in der Forschung

Das Institut hat zahlreiche Forschungsprojekte in den letzten 20 Jahren durchgeführt, von denen die wichtigsten im Folgenden kurz dargestellt werden.

3.1 Darstellung und Transformation von Objekten durch Grammatiken 1993 - 1997

BearbeiterInnen: Dr. rer. nat. Lukas Faulstich, Dr. rer. nat. Ulrike Stutschka, Siemens AG Erlangen

Grammatiken sind wichtige Werkzeuge zur Beschreibung der Syntax von Programmiersprachen. Grammatikformalismen enthalten Mechanismen, die sehr gut geeignet für die Darstellung und Transformation von Datenbankobjekten sind. Es stellte sich heraus, dass attributierte kontextfreie Grammatiken besonders gut geeignet zur Objektdarstellung sind, da sie einige Vorteile gegenüber traditioneller Objektdarstellung haben. Zur Objekttransformation wurde eine Spezialform klassischer Transformationsgrammatiken und ein neuer Formalismus, genannt Objektgrammatik, verwendet. Besonders hervorzuheben ist die Objektdarstellung im World Wide Web (WWW). Dort sind die Daten häufig textbasiert (HTML-Dateien). Da eine Speicherung in Datenbanken wünschenswert ist, wurde eine Transformation in eine Objektdarstellung eines objektorientierten Datenbanksystems in diesem Projekt angestrebt. Eine solche Transformation kann mit Hilfe von Grammatiktechniken, beispielsweise mit Transformationsgrammatiken oder mit Objektgrammatiken durchgeführt werden.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts entstand im Jahre 1997 die Dissertation von Frau Dipl. Math. Ulrike Stutschka mit dem Titel „Attributierte Grammatiken als Werkzeug zur Datenmodellierung“. Frau Stutschka zeigt in ihrer Arbeit,

dass die aus dem Bereich des Übersetzerbaus bekannten attributierten Grammatiken grundlegende Mechanismen enthalten, die ihre Anwendung auch im Bereich der Datenmodellierung in Datenbanken sinnvoll erscheinen lassen. Attributierte Grammatiken sind in der Lage, sehr komplexe semantische Objekteigenschaften darzustellen. Frau Stutschka zeigt unter anderem, dass attributierte Grammatiken die Konstruktion objektorientierter Datenbankschemata unter der Verwendung bekannter Datenstrukturierungsmechanismen wie der Aggregation, der komplexen Typen und der Vererbung erlauben.

3.2 Das World-Wide Web aus Datenbanksicht 1994 - 1998

Bearbeiterin: Dr. rer. nat. Ute Masermann

Die durch das WWW bereitgestellten Informationen lassen sich als riesige, weltweit verteilte und heterogene Datenbank auffassen, auf die sehr viele Benutzer konkurrierend zugreifen. Deshalb wurde in diesem Forschungsprojekt der Ansatz verfolgt, vorhandene Konzepte, die aus der Datenbanktechnik und –theorie bekannt sind, auf das Web anzuwenden. Für eine solche Datenbanksicht gibt es zwei Perspektiven: Zum einen kann das Web als Ganzes als Datenbanksystem aufgefasst werden, für das Probleme wie Datenintegrität, Datensicherheit, Transaktionsmanagement, Versionierung, Datenmodellierung und Anfragebearbeitung gelöst werden müssen. Zum anderen gibt es die lokale Sichtweise: Bei der Pflege von WWW-Servern wird es zunehmend schwieriger, die stark wachsende Informationsmenge, d.h. die große Zahl der Webseiten dieses Servers, effizient zu verwalten. In diesem Zusammenhang bedeutet es eine große Erleichterung bei der Pflege dieser Seiten, wenn der Inhalt mit einem Datenbankmanagementsystem verwaltet wird und daraus die verschiedenen HTML-Dokumente erstellt werden. Heute ersetzen Contentmanagementsysteme wie z.B. Typo3 solche Techniken, so dass Design und Inhalt besser getrennt werden können.

3.3 Datenbankunterstützung für Simulationen 1994 - 1997

Bearbeiter: Dipl. Inf. Guido Braunreuther

In diesem Forschungsprojekt wurde untersucht, inwieweit sich Datenbanken dazu eignen, eine Infrastruktur für Simulationen bereitzustellen. Aufgrund der starken Strukturierung von Simulationsdaten vor allem in Anwendungen aus der Biologie und der Medizin bieten sich objektorientierte Datenbanken als Grundlage an. Es wurden Konzepte und Speicherungsstrukturen entwickelt und auf der Basis des objektorientierten Datenbanksystems O_2 implementiert, um die bei Computersimulationen anfallenden Konfigurations- und Ergebnisdaten (Zeitreihen) geeignet in einer objektorientierten Datenbank zu speichern. Dieser Forschungsschwerpunkt wurde in Zusammenarbeit mit Herrn PD Dr. Dr. H.-G. Lipinski vom Institut für Medizinische Informatik durchgeführt. Es wurde auf der Basis der Programmiersprache O_2C eine Simulation realisiert, um den Verlauf der seltenen Krankheit Amyotrophe Lateralsklerose zu untersuchen. Ziel war es, ein Werkzeug zu schaffen, mit dem leicht Änderungen an Simulationskonfigurationen gemacht werden können, um verschiedene Hypothesen in Bezug auf die Krankheit zu untersuchen und um eine effiziente Auswertung der Simulationsdaten zu ermöglichen.

3.4 Multimedia-Datenbanksysteme 1995 - 1997

Bearbeiter: Dr.-Ing. Rolf Käckenhoff

Ein Multimedia-Datenbanksystem enthält neben den traditionell in Datenbanken gespeicherten symbolischen Datenobjekten, d.h. den Tupeln bzw. einfachen Datenobjekten, auch Mediendatenobjekte. Die Integration von Mediendatenobjekten in Datenbanksysteme erfordert eine Erweiterung bzw. ein Redesign herkömmlicher Datenbankmechanismen, was alle Ebenen umfasst. Mediendatenobjekte besitzen meist ein erhebliches Datenvolumen und sind bei der Präsentation oft auch zeitkritisch, so dass sie besondere Anforderungen an die Speicherung und Übertragung stellen. Multimedia-Datenbanksysteme müssen als Medienserver über Netzverbindungen allgemein erreichbar sein, so dass die Steuerung und Synchronisation von Präsentationen auch auf Client-Rechnern zu lösen ist.

3.5 Medienarchiv für die Universität zu Lübeck 1997 - 2004

BearbeiterInnen: Dr.-Ing. Rolf Käckenhoff, Dr. rer. nat. Ralf Behrens, Prof. Dr. rer. nat. Carsten Lecon, Dipl. Math. Christine Gross, Dipl. Phys. Volker Bürckel, Dr.-Ing. Beda Christoph Hammerschmidt

Die ersten Überlegungen zu einem Medienarchiv für die damalige Medizinische Universität zu Lübeck begannen im Februar 1997 im Rahmen eines HSP-II-Projektantrages, der federführend vom Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (Prof. Dr. M. Herczeg) vorangetrieben wurde. Im Juni 1997 wurde eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe zur Thematik „Medienarchiv" ins Leben gerufen, an der Informatiker und Mediziner beteiligt waren. Ausgangspunkt war die unbefriedigende Situation, dass nahezu alle Bilddokumente, die in der Lehre verwendet wurden, analoge Dias waren, die naturgemäß nur einmal in einem Diaarchiv eines Instituts vorhanden waren. Eine Verwendung von Bildmaterial in verschiedenen Instituten in verschiedenen Lehrveranstaltungen war dadurch sehr erschwert. Ziel war also ein digitales Medienarchiv mit einem zentralen Medienserver. Seit Juni 1997 wurde am Institut für Informationssysteme an der Entwicklung eines Medienarchivs gearbeitet. Dieses Medienarchiv sollte primär der Unterstützung der Lehre dienen. Dazu wurde das Unterrichtsmaterial aus den Medienobjekten des Medienarchivs zusammengesetzt und dann in der Vorle-

sung über einen Beamer präsentiert.

Notebooks waren wesentlich weniger leistungsfähig als heute, so dass es häufig nicht möglich war, alle Medienobjekte für eine Vorlesung im Notebook zu speichern. Kleine portable Plattenspeicher gab es noch nicht. Relativ kleine USB-Sticks kamen erst Anfang des neuen Jahrtausends auf, so dass diese auch nicht für Medienobjekte geeignet waren. Zentrale Idee war es daher, dass der Dozent seine Bildreihe für eine Vorlesung mit Hilfe einer sog. virtuellen Diaschiene zusammenstellt und die Sequenz auf einem Server ablegt, so dass die einzelnen Medienobjekte in der Vorlesung vom Medienserver abgerufen werden konnten. Ein erster Prototyp, der eine konventionelle Datenmodellierung und Datenhaltung verwendete, war seit 1998 im Einsatz. Aufgrund der Erfahrungen mit dem ersten Prototypen wurde Mitte 1999 entschieden, eine zweite, überarbeitete Version zu realisieren. Ziel dieses Prototypen war es, eine flexiblere Datenhaltung zu ermöglichen und aktuelle Forschungsergebnisse des Instituts umzusetzen. Die Implementierung des zweiten Prototypen basierte komplett auf Java. Die Datenmodellierung war durchgängig XML-basiert. Im Zentrum der Überlegungen standen geeignete XML-basierte Möglichkeiten zur Informationsmodellierung. Dazu wurden verschiedene XML-Standards analysiert und auf ihre Anwendbarkeit hin untersucht. Darauf aufbauend wurden eigene Erweiterungen definiert, implementiert und in das Medienarchiv integriert.

Im Rahmen des Projekts „Medienarchiv" ist im Jahre 2000 die Dissertation „Ein XML-basiertes Modell zur Modellierung und Strukturierung von Informationen im Kontext eines Medienarchivs für die Lehre" von Herrn Dipl. Inf. Ralf Behrens entstanden. Diese Arbeit untersucht XML Document Type Definitions (DTDs) bezüglich ihrer formalen Eigenschaften. Die von Herrn Behrens definierte Erweiterung erlaubt es, DTDs zur Beschreibung von Schemata zu verwenden. Darauf aufbauend wurde ein Modell zur Beschreibung von Objekten, Objektstrukturen und Objektrepositorien entwickelt. Der im Rahmen der Dissertation implementierte Prototyp des Medienarchivs wendet die theoretischen Ergebnisse an und zeigt deutlich den praktischen Nutzen. Ein wesentliches zusammenfassendes Ergebnis der Dissertation von Herrn Behrens ist, dass XML in Kombination mit angrenzenden Standards als Basis für die Strukturierung, Klassifikation und inhaltliche Beschreibung im Rahmen eines Medienarchivs eine wesentliche Verbesserung und Flexibilisierung gegenüber herkömmlichen Datenmodellen darstellt.

3.6 Programmiermodell für das World-Wide Web 1998 - 2003

Bearbeiter: Dipl. Inf. Torben Spiegler, Prof. Dr. rer. nat. Martin Kempa

Das WWW ist inzwischen ein zentraler Dienst des Internets, um Informationen zu repräsentieren, auszutauschen und zu recherchieren. Dabei ist eine Entwicklung zu beobachten, die von seitenorientierten Hypertextsystemen zu einem mehr und mehr dynamisch agierenden Informationssystem verläuft, wodurch eine interaktive Kommunikation mit dem Benutzer ermöglicht wird. Für die Realisierung von entsprechenden Anwendungen gibt es inzwischen eine Vielzahl von Techniken, die zu einer großen Unübersichtlichkeit führt. In diesem Projekt wurde daher untersucht, welche Möglichkeiten gefunden werden können, diese unüberschaubare Zahl von Techniken zu einem Programmiermodell zusammenzufassen. Ziel war es, dem WWW-Programmierer einen Formalismus an die Hand zu geben, der es ihm erstmals erlaubt, einen Großteil der zu programmierenden WWW-Anwendung in diesem Formalismus zu spezifizieren. Hierdurch wird erreicht, dass ein Zurückgreifen auf spezielle Insellösungen für unterschiedliche Problemstellungen unnötig wird. Die Integration dieser Techniken zu einem gemeinsamen Modell sollte die Programmierung des WWW vereinfachen, damit diese nicht nur von wenigen Spezialisten vorgenommen werden kann.

Es wurde eine Sprache namens XOBE (**X**ML **Obje**kte) als Erweiterung der im WWW-Kontext sehr weit verbreiteten Sprache Java entwickelt. XOBE erlaubt eine einfache Implementierung von Anwendungen zur Generierung von XML-Dokumenten. Da HTML eine spezielle XML-Sprache ist, können mittels XOBE auch HTML-Seiten generiert werden. In XOBE wird die Gültigkeit der durch ein Programm generierbaren XML-Dokumente weitestgehend statisch garantiert. Dies geschieht dadurch, dass eine Sprachbeschreibung für XML-Dokumente, formuliert als XML Schema Dokument, direkt zur Typisierung verwendet wird. Sogenannte XML-Konstruktoren erlauben die Generierung neuer XML-Dokumentteile aus bereits vorher generierten Dokumentteilen. Hierdurch kann statisch gewährleistet werden, dass ein XML-Konstruktor nur XML-Dokumentteile erzeugen kann, die dem zugrunde liegenden XML Schema in der Struktur entsprechen.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts ist im Jahre 2003 die Dissertation „Programmierung von XML-basierten Anwendungen unter Berücksichtigung der Sprachbeschreibung" von Herrn Dipl. Inf. Martin Kempa entstanden. In dieser Arbeit wird für die Analyse der XML-Konstruktoren ein geeignetes Typsystem formal entwickelt. Zur Typüberprüfung wurden die aus der Literatur bekannten Heckengrammatiken herangezogen. Heckengrammatiken eignen sich in besonderer Weise zur Modellierung von XML-Sprachbeschreibungen. Der Algorithmus zur Typüberprüfung stellt eine Erweiterung und Modifizierung eines aus der Literatur bekannten Algorithmus zur Überprüfung von Ungleichungen von regulären Ausdrücken dar. Zur Analyse und Traversierung von XML-Objekten verwendet die Arbeit die Sprache XPATH. Auch hier wird die Typinferenz formal definiert. Die formal beschriebenen Algorithmen wurden implemen-

tiert und die Sprache XOBE im Rahmen eines Präprozessors für Java realisiert. Zwei Beispielanwendungen, nämlich die WWW-Anbindung des Medienarchivs und eine Übungsdatenverwaltung zeigen, wie man mit XOBE programmiert und wie die statische Korrektheit von generierten XML-Strukturen gewährleistet werden kann.

Die von Torben Spiegler im Rahmen seiner Diplomarbeit implementierte Übungsdatenverwaltung wird in mehrfach veränderter und angepasster Form noch heute im Übungsbetrieb des Instituts für Informationssysteme eingesetzt.

3.7 XML-basierte Datenbankprogrammiersprachen 2003 - 2006

Bearbeiterin: Dr. rer. nat. Henrike Schuhart

Die in 3.6 beschriebene Sprache XOBE beschränkt sich ausschließlich auf ein XML-basiertes Programmiermodell. Das bedeutet, dass die Persistenzproblematik, die für Datenbanksysteme evident ist, noch nicht betrachtet wurde. In der Wissenschaft wurden damals im Hinblick auf Persistenz von Objekten verschiedene Ansätze diskutiert, die das Mismatch-Problem zwischen dem Objektmodell der Programmiersprache einerseits und dem Persistenzmodell eines (objektorientierten) Datenbanksystems lösen sollten. Im Allgemeinen wurden aus Performanzgründen zumeist relationale Datenbanken verwendet. Obwohl damals bestehende Ansätze den Aufwand der Abbildung zwischen den unterschiedlichen Datenmodellen zu minimieren versuchten, fehlte es an einer wirklich transparenten Lösung. Unter einer wirklich transparenten Lösung haben wir verstanden, dass Objekte beliebigen Typs persistent gespeichert werden können und vor allem, dass Algorithmen unverändert bleiben können, egal ob sie nun auf transienten oder persistenten Objekten arbeiten. Der Programmierer soll sich nur auf einem hohen Abstraktionsniveau mit der Persistenz von Objekten auseinandersetzen müssen. Bei allen bisherigen Ansätzen war das damals nicht der Fall. Allen Ansätzen, die Persistenz in bestehende Programmiersprachen integriert haben, war gemeinsam, dass sie expliziten Benutzercode für die Kommunikation mit dem Persistenzdienst benötigten. Wirkliche Datenbankprogrammiersprachen gab es nur für das relationale Datenmodell. Ziel war es also, eine einheitliche und vor allen Dingen transparente Lösung für die Integration von XML und Persistenz in eine existierende Programmiersprache zu entwickeln.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts ist im Jahre 2006 die Dissertation „Design and Implementation of a Database Programming Language for XML-based Applications" von Frau Dipl. Inf. Henrike Schuhart entstanden. In dieser Arbeit wurde die XML-Sprache XOBE zu einer Datenbankprogrammiersprache namens $XOBE_{DBPL}$ erweitert. In $XOBE_{DBPL}$ ist ein Konzept einer transparenten, typunabhängigen Persistenz umgesetzt worden. In $XOBE_{DBPL}$ steht dem Programmierer die Deklaration einer persistenten Umgebung zur Verfügung. Objekte, die innerhalb dieser Umgebung erzeugt werden, sind automatisch persistent. Bereits existierende persistente Objekte beliebigen Typs können per XPATH-Anfragen gefunden und per Methodenaufruf bzw. im Fall von XML-Objekten mittels XPATH- oder Update-Ausdrücken bearbeitet werden. Persistente Objekte können zwischen verschiedenen Anwendungen ausgetauscht werden. Für den gemeinsamen und konkurrierenden Zugriff wurde für $XOBE_{DBPL}$ ein Transaktionsmodell entworfen und implementiert. Zur Übersetzungszeit werden $XOBE_{DBPL}$ – Programme in reine Java-Programme transformiert. Die Transformation fügt entsprechenden Code zur Kommunikation mit der Persistenzschicht hinzu. Die Persistenzschicht basiert hauptsächlich auf Webservices. Hierdurch ist sie außer von $XOBE_{DBPL}$ von beliebigen anderen Anwendungen nutzbar. Die Schnittstelle ist gegeben durch einen Webservice, der generische Operationen zum Laden, Speichern, Löschen und zur Transaktionsverwaltung beinhaltet. Der Webservice akzeptiert beliebige Objekte in XML - Darstellung und deren Typbeschreibungen. Intern können in den Persistenzschicht-Komponenten beliebige Datenspeicher verwendet werden. Beispielsweise können das relationale Datenbanken, XML - Datenbanken, aber auch Dateisysteme sein.

3.8 Indexstrukturen für native XML-Datenbanken 2002 - 2005

Bearbeiter: Dr.-Ing. Beda Christoph Hammerschmidt

Wenn man über persistente XML-Strukturen redet, ergibt sich sofort die Frage, wie diese XML-Daten mit Indices versehen werden können, so dass sich effiziente Suchzeiten ergeben. Eine weitere Frage ist, zu erkennen, welche Indices von einer Update-Operation auf den XML-Daten betroffen sind, d.h. auf den neuesten Stand gebracht werden müssen. Wegen der starken Strukturierung der XML-Daten ist dieses Problem alles andere als trivial. Weiterhin wäre es wünschenswert, wenn ein XML-Datenbanksystem selbst erkennen würde, wo es günstig ist, die Suche durch Indices zu beschleunigen. Selbstverständlich sollte man bei den Suchanfragen bewährte Standards wie XPATH verwenden. In diesem Forschungsprojekt wurden nur native XML-Datenbanken betrachtet. In einer nativen XML-Datenbank werden die XML-Strukturen nicht auf andere Strukturen wie relationale Tabellen abgebildet, sondern direkt als native Strukturen ohne Verwendung eines anderen Datenmodells abgelegt.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts ist im Jahre 2005 die Dissertation „KeyX: Selective Key-oriented Indexing in native XML Databases" von Herrn Dipl. Inf. Beda Christoph Hammerschmidt entstanden. In dieser Arbeit wird eine neuartige Indexstruktur namens KeyX für XML-Daten eingeführt und untersucht. KeyX- Indices werden verwendet, um XPATH-basierte Anfragen zu beschleunigen. Nur die Teile eines XML-Baumes, die tatsächlich gebraucht werden, werden in einem Index abgelegt. Diese Eigenschaft – Selectivity ge-

nannt – reduziert den Speicheraufwand für alle Indexstrukturen und führt zu einer geringeren Anzahl von Index-Updates, wenn die zugrunde liegenden XML-Daten verändert werden. Aufgrund der komplexen Pfadausdrücke in XPATH, welche strukturelle und wertbasierte Bedingungen vorsehen, ist die Entscheidung, ob ein XML-Index durch eine Operation betroffen ist, nicht trivial. Dieses Problem wird in der Arbeit von Herrn Hammerschmidt theoretisch reduziert auf die Frage, ob der Durchschnitt zweier XPATH-Anfragen leer ist, d.h. niemals etwas liefert, egal welches die zugrunde liegenden Daten sind. Für dieses Problem hat Herr Hammerschmidt einen effizienten Algorithmus entwickelt, der auf endlichen Automaten basiert. Das im relationalen Bereich bekannte Problem der Index Selektion, welches eine möglichst optimale Menge von Indices vorsieht, wurde von Herrn Hammerschmidt übertragen auf den Bereich der nativen XML-Datenbanken.

3.9 Computer Aided Facility Management CAFM 2002 – 2006

Bearbeiter: Dipl. Inf. Olaf Th. Buck, Dipl. Inf. André Gode, Dipl. Inf. Robert Gajcy, verschiedene Mitarbeiter der Firma PietschCONSULT GmbH

In Zusammenarbeit mit der Lübecker Firma PietschCONSULT GmbH sind 3 Diplomarbeiten sowie mehrere Studienarbeiten zur Thematik Computer Aided Facility Management (CAFM) entstanden. Das Gebiet der Computer Aided Facility Management Systeme (CAFM-Systeme) befasst sich mit der rechnergestützten Verwaltung von Informationen über Liegenschaften, Gebäude und Räumlichkeiten.

Die Diplomarbeit von Herrn Dipl. Inf. Olaf Th. Buck beschäftigt sich mit der Thematik „Verbalisierung von Datenbanktransaktionen". Betrachtet man die Veränderungen, die durch eine Datenbanktransaktion in einer Datenbank hervorgerufen werden, so fällt auf, dass sich diese einem Nicht-Datenbankfachmann in der Regel nicht direkt erschließen. Nur durch genaue Betrachtung der beteiligten Tabellen gelingt es, herauszufinden, welche Änderungen eine gegebene Datenbanktransaktion bewirkt hat. Herr Buck hatte in seiner Diplomarbeit die Aufgabenstellung, hier Abhilfe zu schaffen. Es sollte nach Mitteln und Wegen gesucht werden, die es erlauben, die Ergebnisse von Datenbanktransaktionen in natürlicher Sprache zu beschreiben und entsprechende Sätze der natürlichen Sprache zu generieren. Ziel der Diplomarbeit war es, Strategien und Funktionen zur Verbalisierung von Datenbanktransaktionen innerhalb eines relationalen Datenbanksystems zu entwickeln und diese in bestehende Systeme bei der Firma PietschCONSULT GmbH in Lübeck zu integrieren.

Die Diplomarbeit von Herrn Dipl. Inf. André Gode hatte das Thema „Dynamische Datenstrukturen in einem CAFM-System". CAFM-Systeme werden in der Regel in größeren Firmen und Einrichtungen eingesetzt, da sich erst dort der hohe finanzielle und organisatorische Aufwand gegen den Nutzen rechnet. Die zu verwaltenden Informationen sind zahlreich und komplex und reichen von der einfachen Raumbezeichnung bis hin zu Gefahrenpotentialen von Arbeitsstoffen. Die Informationsstrukturen eines CAFM-Systems ändern sich regelmäßig und müssen entsprechend verändert und erweitert werden. Dies erfordert flexible und anpassbare Strukturen. Ziel der Diplomarbeit war es, eine lauffähige Ergänzung für die bestehenden Produktivsysteme der Firma PietschCONSULT GmbH in Lübeck zu schaffen, welche eine dynamische Änderbarkeit und Erweiterbarkeit von Daten- und Eingabestrukturen ohne Inanspruchnahme von Entwicklungskapazitäten gewährleistet.

In der Diplomarbeit von Herrn Dipl. Inf. Robert Gajcy mit dem Thema „Mobiles Computer Aided Facility Management" ging es um die Problematik, dass Liegenschaftsdaten nicht nur von einem stationären PC aus abrufbar und änderbar sein sollen, sondern auch von einem mobilen Gerät. Dieses mobile Gerät kann direkt im betrachteten Gebäude von Personen, die mit der Bewirtschaftung und Verwaltung eines Gebäudes betraut sind, verwendet werden. In dieser Arbeit werden die Entwicklung von Benutzerschnittstelle und Architektur eines mobilen CAFM-Systems beschrieben, das als Erweiterung eines bei der Firma PietschCONSULT GmbH in Lübeck im Einsatz befindlichen CAFM-Systems realisiert wurde.

3.10 Verwaltung von E-Mail-Adressen und PC-Accounts für Studierende 2003 – 2005

BearbeiterInnen: Dipl. Inf. Patrick Bär, Dipl. Inf. Nina Moebius, Anke Boettcher-Krause, Dr. rer. nat. Ho Ngoc Duc, Dr.-Ing. Beda Christoph Hammerschmidt

Bisher wurden an der Universität zu Lübeck die notwendigen Daten für den Rechnerzugang sowie für die E-Mail-Adresse für jeden Studierenden manuell von Systemadministratoren eingegeben. Eine Automatisierung erfolgte im Rahmen einer Studienarbeit der Studierenden Patrick Bär und Nina Moebius. Diese automatisierte Accountverwaltung wurde erstmalig im Wintersemester 2004/05 für die Erstsemester der Studiengänge Informatik, Computational Life Science und Molecular Life Science eingesetzt. Etwas später erfolgte der Einsatz im Medizinstudiengang. Die Accountverwaltung verwendet die Studierendendaten der Zentralen Universitätsverwaltung, so dass der Studierende seine persönlichen Daten nicht nochmals eingeben muss und sich dadurch auch keine Inkonsistenzen ergeben können. Die Accountverwaltung ist bis heute im Einsatz.

3.11 Informationssuche im World-Wide Web 2002 - 2007

Bearbeiter: Dr.-Ing. habil. Dirk Kukulenz

Das World Wide Web ist eine sich stark verändernde dynamische Informationsquelle. Es erscheinen fortlaufend

neue Datenobjekte, diese werden modifiziert und wieder gelöscht. In diesem Forschungsprojekt wurden grundlegende Problemstellungen bearbeitet, die sich hieraus ergeben.

Eine wichtige Fragestellung ist, wie man die Informationen des World Wide Web trotz der hohen Dynamik möglichst vollständig und effizient erfassen kann. Dies ist eine Aufgabenstellung, die Suchmaschinen beherrschen müssen. Es geht hier um die Entwicklung von Verfahren, die das Änderungsverhalten von Datenquellen lernen und daraus optimierte Strategien für die Erfassung der Informationen ableiten.

Eine zweite bedeutende Fragestellung ist die Problematik der Suche nach relevanter Information im Web im Verlauf der Zeit. Auch diese Fragestellung spielt bei Suchmaschinen eine entscheidende Rolle. Hier ist es besonders wichtig, die Relevanz von Objekten für eine Anfrage möglichst genau einzuschätzen und die Objekte mit einer hohen Relevanz möglichst frühzeitig zu liefern. Dies ist insbesondere deshalb schwierig, weil zum Zeitpunkt der Auslieferung eines Objektes noch nicht bekannt ist, welche Objekte mit welcher Relevanz in der Zukunft noch gefunden werden.

Die dritte Fragestellung schließlich betrachtet die Archivierung von Information aus dem Web. Dies ist insbesondere wichtig, weil Web-Information häufig sehr flüchtig ist, d.h. aus dem Web relativ schnell wieder verschwindet. Daher besteht für einen Nutzer in der Regel die Notwendigkeit, die Information aus dem Web für sich zu archivieren, die er über einen längeren Zeitraum benötigt.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts ist im Jahre 2007 die Habilitationsschrift „Die Dynamik des World Wide Web und Konsequenzen für die Informationssuche“ von Herrn Dr.-Ing. Dirk Kukulenz entstanden. Seine Arbeit beschäftigt sich mit der Änderungsdynamik des Webs und den dadurch verursachten Problemen, neue oder aktuell geänderte Webseiten möglichst zeitnah zu erfassen und im Index von Suchmaschinen verfügbar zu machen. Herr Kukulenz behandelt in seiner Arbeit drei zentrale Fragenkomplexe: Wie kann man die Dynamik von Webseiten modellieren, um Vorhersagen über Änderungsraten und Änderungszeitpunkte machen zu können? Wie kann man kontinuierliche Anfragen ausdrücken und so implementieren, dass sie in effizienter Weise möglichst aktuelle Seiten liefern? Wie sollte man hochgradig dynamische Informationen aus dem Web organisieren, um sie Endbenutzern übersichtlich und einfach navigierbar zu präsentieren?

3.12 Optimierung von XML-Anfragen 2007 – 2008

Bearbeiterin: Dr. rer. nat. Jinghua Groppe

In diesem Forschungsvorhaben wurden Ansätze zum Testen der Erfüllbarkeit und der Teilmengenbeziehung von XPath-Anfragen entwickelt. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass die Struktur der zugrunde liegenden XML-Dokumente durch ein XML-Schema beschrieben ist. Da die Fragestellungen generell unentscheidbar oder algorithmisch sehr aufwändig sind, sind die Tests nur hinreichend. Dies bedeutet, dass der jeweilige Algorithmus nur bei positivem Ergebnis eine Entscheidung liefert, bei einem negativen Ergebnis liefert der Algorithmus keine Aussage. Die wesentliche Technik ist hier, die XPath-Anfrage nicht direkt auf ein XML-Dokument anzuwenden, sondern auf ein Schema, um daraus alle die Pfade im Schema abzuleiten, die entsprechende XML-Dokumente durchlaufen können, die die XPath-Anfrage erfüllen. Wenn die Menge der so gewonnenen Schemapfade leer ist, kann sicher abgeleitet werden, dass die Anfrage unerfüllbar ist bei Dokumenten, die konform mit dem Schema sind. Fragen der Teilmengenbeziehung können entsprechend behandelt werden. Anhand von praktischen Tests konnte gezeigt werden, dass der skizzierte statische Ansatz dem Ansatz der dynamischen Auswertung insbesondere bei großen XML-Dokumenten deutlich überlegen ist.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts ist im Jahre 2008 die Dissertation „Speeding Up XML Querying – Satisfiability and Containment Test of XPath Queries in the Presence of XML Schema Definitions“ von Frau Jinghua Groppe, M.Sc. entstanden. Frau Groppe hat im Rahmen der Arbeit die oben skizzierten Ergebnisse erzielt.

3.13 Datenhaltung in Sensornetzen 2007 - 2011

BearbeiterInnen: PD Dr. rer. nat. habil. Sven Groppe, Dr.-Ing. Nils Höller, Dipl. Inf. Jana Neumann, Dr.-Ing. Christoph Reinke

Die Arbeiten in diesem Forschungsprojekt sind in Kooperation mit dem Institut für Telematik der Universität zu Lübeck (Prof. Dr. rer. nat. Stefan Fischer) entstanden. Die Arbeiten wurden von der DFG (Aktenzeichen LI 1033/4) gefördert.

Die Programmierung von drahtlosen Sensornetzwerken und die Datenhaltung in diesen Netzwerken sind hochaktuelle Forschungsthemen. Ein Knoten in einem Sensornetzwerk besteht aus einem oder mehreren Sensoren, die Daten aus der Umgebung des Sensors aufnehmen, sowie einem Miniaturprozessor mit Speicher, der diese Daten aufbereiten und an andere Sensorknoten des Sensornetzwerkes weiterschicken kann. Letztendlich gelangen die gemessenen Daten an ein Gateway, das durch einen leistungsfähigeren Computer repräsentiert wird. Hier werden die Daten endgültig aufbereitet, weiterverarbeitet und ggf. in Dateien oder in einer Datenbank gespeichert. Ein Sensorknoten bezieht die benötigte Energie in der Regel aus einer Batterie mit einem naturgemäß begrenzten Energievorrat. In vielen Anwendungsgebieten ist es unmöglich, die Batterien auszutauschen, d.h. der Sensorknoten hat insgesamt eine begrenzte Lebensdauer. Dies gilt beispielsweise für Anwendungen, wo die Sensorknoten aus einem Flugzeug in unwegsames Gebiet abgeworfen werden. Aus diesem Anwendungsszenario resultieren mehrere Probleme. Ein wesentliches Problem im Zusammenhang mit der begrenzten Lebensdauer eines Sensorknotens ist, dass der Sendevorgang sehr viel Energie

verbraucht, d.h. zur Erhöhung der Lebensdauer sollten möglichst wenige Daten an andere Sensorknoten verschickt werden. Weitere Probleme resultieren aus der sehr begrenzten Leistungsfähigkeit und aus der geringen Speicherkapazität eines Sensorknotens. Dies hat zur Folge, dass die Programmierung eines Sensorknotens nicht in Hochsprachen wie Java erfolgen kann, sondern dass maschinennähere und ressourcensparende Sprachen wie C oder speziell auf Sensorknoten spezialisierte Versionen von C verwendet werden müssen. In Bezug auf die Datenhaltung und den Datenaustausch war es bisher so, dass spezielle Formate verwendet wurden, die relativ aufwändig in der Programmierung sind. Die Verwendung des Datenmodellierungs- und Datenaustauschformats XML (E**X**tensible **M**arkup **L**anguage) war bisher in Sensornetzen wegen der begrenzten Möglichkeiten eines Sensorknoten-Prozessors nicht möglich.

Das Institut für Informationssysteme hat sich in diesem Projekt mit den Fragen der persistenten Datenhaltung in Sensornetzen beschäftigt. Hier wurde der Ansatz des konsequenten Einsatzes von XML-Techniken unter einer größtmöglichen Komprimierung der Daten verfolgt. Sensornetzwerke werden im Allgemeinen ausgebracht, um eine dynamische Datenabfrage aus der Umgebung zu ermöglichen. Daher ist neben der reinen Speicherung von Daten in XML-Form der dynamische Zugriff essentiell. Es wurden daher Techniken zur Evaluation von XPath Anfragen auf den komprimierten XML-Daten vorgestellt. Darüber hinaus wurden sämtliche Auswertungsverfahren hinsichtlich ihrer Speichereffizienz und Energieeffizienz verglichen.

Im Rahmen dieses Projekts sind am Institut für Informationssysteme zwei Dissertationen entstanden.

Die erste Dissertation mit dem Titel „Efficient XML Data Management and Query Evaluation in Wireless Sensor Networks" stammt von Herrn Dipl. Inf. Nils Höller und wurde im Jahr 2010 fertig gestellt. Nils Höller schlägt in seiner Arbeit Ansätze zur effizienten Integration des XML-Formats in drahtlose Sensornetzwerke vor. Dies schließt energie- und speichereffiziente Datenmanagement-Strategien ein sowie effiziente Lösungen für die Datenaquisition und generelle Optimierungsstrategien für XML-Anfragen und für Ergebnisnachrichten in großen Sensornetzwerken. Herr Höller baut auf der im Abschnitt 3.6 beschriebenen Sprache XOBE auf und schlägt die Sprache $\text{XOBE}_{\text{SensorNetworks}}$ vor, eine Sprache, die die direkte Nutzung von XML in einer Sensornetzwerk-Programmiersprache in einer zeit- und speichereffizienten Weise ermöglicht. Zu diesem Zweck werden XML Template Objects eingeführt. Die wesentliche Idee ist es, dynamische und statische Anteile von per Programm generierten XML-Objekten zu trennen und die statischen, unveränderten Anteile nur einmal zu speichern, obwohl sie im generierten Objekt durchaus mehrfach vorkommen können. Diese Templates können parametrisiert werden, um wiederkehrende Veränderungen systematisch ohne komplette Kopien behandeln zu können. Zur Implementierung wird die Sprache C verwendet. Ein anderer Ansatz genannt XML Template Streams (XTS) verwendet statt Objekten binäre Datenströme, die Objektbäume speziell und effizient codieren. Hierdurch kann der Speicherbedarf wesentlich reduziert werden. Darüber hinaus ist eine Übertragung von einem Knoten auf einen anderen möglich, ohne dass Objektreferenzen in einem Objektgeflecht speziell behandelt werden müssen. Das zugrunde liegende Automatenmodell ist ein Kellerautomat. Die verschiedenen Ansätze werden experimentell evaluiert und mit Standard-Ansätzen wie einer String-Repräsentierung von XML und dem Document Object Modell (DOM) – Ansatz verglichen. Es wird anhand des XMark Benchmarks gezeigt, dass XTS allen anderen Ansätzen überlegen ist.

Darüber hinaus widmet sich die Arbeit von Herrn Höller Fragestellungen der Vermeidung von Sendeaufwand, indem er Daten in Caches in Sensorknoten ablegt, die näher an der Datensenke als die Datenquelle liegen. Diese Caches werden nicht bei jeder Datenänderung auf den neuesten Stand gebracht, es wird jedoch dafür Sorge getragen, dass der dadurch entstehende Datenfehler eine vorgegebene Schwelle nicht überschreitet. Hierdurch wird es möglich, Anfragen sendeeffizienter auszuwerten, wenn der Anwender bereit ist, hierfür eine vorgegebene Abweichung von dem tatsächlichen aktuellen Wert der Datenquelle zu akzeptieren. Es gelingt Herrn Höller hierdurch, den Kommunikationsaufwand deutlich zu reduzieren.

Die zweite Dissertation mit dem Titel „Adaptive Service Migration and Transaction Processing in Wireless Sensor Networks" stammt von Herrn Dipl. Inf. Christoph Reinke und wurde im Jahr 2011 fertig gestellt. Nachdem Serviceorientierte Architekturen (SOA) in Geschäftsanwendungen bereits eine Reihe von Jahren eine große Rolle spielen, wurde SOA in der letzten Zeit auch im Bereich der drahtlosen Sensornetze interessant. Herr Reinke beschreibt in seiner Arbeit Anwendungsfälle für die Migration von Services in drahtlosen Sensornetzwerken und erläutert, warum Protokolle zur Transaktionsverarbeitung eine wesentliche Voraussetzung für die Gewährleistung von konsistenter Servicemigration sind. Eine Migration eines Services von einem Sensorknoten zu einem anderen ist unter anderem dann angezeigt, wenn der Energievorrat eines Sensorknotens eine vorgegebene Schwelle unterschreitet und damit der Ausfall dieses Sensorknotens zeitlich abzusehen ist. Um also SOA in drahtlosen Sensornetzen erfolgreich und nutzbringend einzusetzen, ist es notwendig, tragfähige Konzepte für die Replikation und die Migration von Services zu entwickeln. Protokolle zur Transaktionsverarbeitung bilden eine wesentliche Voraussetzung hierfür. Hierbei ist insbesondere auf die speziellen Erfordernisse wie begrenzter Energievorrat der einzelnen Knoten sowie eine nicht zu vernachlässigende Ausfallwahrscheinlichkeit einzelner Knoten Rücksicht zu nehmen. Es zeigt sich im Verlauf der Arbeit, dass existierende Transakti-

onsprotokolle nur begrenzt im Sensornetzwerkkontext eingesetzt werden können und dass daher Änderungen und Erweiterungen der Protokolle notwendig sind. In der Arbeit von Herrn Reinke werden die entwickelten Protokolle analysiert und verglichen und es wird ein adaptiver Mechanismus geschaffen, der die Auswahl eines Transaktionsprotokolls in Abhängigkeit von den tatsächlichen Konsistenzerfordernissen und dem gegebenen Netzwerkkontext möglich macht.

3.14 Datenhaltung und Anfrageverarbeitung in Datenbanken für das Semantic Web seit 2007

BearbeiterInnen: PD Dr. rer. nat. habil. Sven Groppe, Dr. rer. nat. Jinghua Groppe, Dipl. Inf. Stefan Werner

Das World Wide Web, so wie man es heute kennt, erlaubt einen einfachen und schnellen Zugang zu einer Fülle von Informationen. Die Suche nach Informationen mit heutigen Suchmaschinen ist allerdings rein textbasiert, d.h. es werden keine Semantik und kein Kontext berücksichtigt. Wenn man beispielsweise das Wort „Föhn" als Suchbegriff verwendet, so bekommt man sowohl Informationen zu einem Haartrockner als auch zu einem Fallwind. Hier setzt das Forschungsgebiet „Semantic Web" an. Ziel des Semantischen Webs ist es, die Bedeutung von Informationen für Computer verwertbar zu machen. Die Informationen im Web sollen von Maschinen interpretiert und automatisch maschinell weiterverarbeitet werden können. Informationen über Orte, Personen und Dinge sollen mit Hilfe des Semantischen Webs von Computern miteinander in Beziehung gesetzt werden können. Die Kernidee des Semantic Webs ist es also, durch Einbeziehung der Bedeutung von Symbolen die maschinelle Verarbeitung zu präzisieren. Die dafür benötigte Verknüpfung unterschiedlicher Datensätze erfolgt mittels Datenbanksystemen.

Die Bedeutung des Semantic Webs hat in den vergangenen Jahren stetig zugenommen. Belege hierfür sind unter anderem die steigende Anzahl von entwickelten und im Einsatz befindlichen Semantic Web Tools und Applikationen. Es gibt inzwischen eine ganze Reihe von Sprachen und Werkzeugen zur Unterstützung des Semantic Web. Auf der Strukturierungsebene ist dies RDF (**R**esource **D**escription **F**ramework) zur Beschreibung von Subjekt-Prädikat-Objekt - Beziehungen. SPARQL ist eine Anfragesprache für RDF-Strukturen.

Dieses Forschungsvorhaben, das durch die DFG (Aktenzeichen GR 3435/1) gefördert wurde, geht der Frage nach, wie Daten des Semantic Web effizient unter Verwendung geeigneter Indices abgefragt werden können. Es wurde ein Semantic Web Datenbanksystem LUPOSDATE (**L**ogisch **u**nd **P**hysikalisch **o**ptimierte **S**emantic Web **Date**nbank-Engine) entwickelt. Das System unterstützt mittlerweise SPARQL 1.1, die Semantic Web Regelsprache RIF sowie die Ontologiesprachen RDFS und OWL.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts ist im Jahre 2010 die Habilitationsschrift „Query Management and Query Processing in Semantic Web Databases" von Herrn Dr. rer. nat. Sven Groppe entstanden. Diese Habilitationsschrift geht vertiefend auf die Probleme der Datenhaltung und der Anfrageverarbeitung in Semantic Web Datenbanken, insbesondere in LUPOSDATE, ein. Zur Unterstützung der Indexkonstruktion für Semantic Web Datenbanken werden spezielle Sortierverfahren entwickelt, die auf Nummerierungsverfahren basieren. Zum schnellen Suchen in RDF-Daten werden 7 Indices definiert. Darauf aufbauend wird ein neuer Join-Algorithmus vorgestellt. Auf der Ebene der Benutzerschnittstelle wird ein graphisches Anfragesystem genannt Visual Query System (VQS) entworfen und implementiert. Zu diesem Zweck wird eine visuelle Anfragesprache VQL (Visual Query Language) realisiert. Eine Browserähnliche graphische Benutzerschnittstelle erleichtert die Erstellung von Anfragen. Diese und einige weitere Techniken wurden im Rahmen des Semantic Web Datenbanksystems LUPOSDATE implementiert und integriert. Dieses System ist öffentlich verfügbar und wird stetig weiterentwickelt. Weit über ein Dutzend studentischer Arbeiten sind bereits im Rahmen dieses Forschungsprojektes entstanden.

3.15 Hardwarebeschleunigung von Datenbanken für das Semantic Web durch FPGAs seit 2011

Bearbeiter: PD Dr. rer. nat. habil. Sven Groppe, Dipl. Inf. Stefan Werner

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens, das in Zusammenarbeit mit Prof. Dr.-Ing. Thilo Pionteck (Professur für Mikrorechner Universität Dresden und Institut für Technische Informatik Universität zu Lübeck) durchgeführt und von der DFG (Aktenzeichen GR 3435/9) gefördert wird, wird ein Hardware-/Softwaresystem erforscht und entwickelt, welches zeitintensive Datenbankoperationen für das Semantic Web auf einen programmierbaren Logikbaustein (FPGA, **F**ield **P**rogrammable **G**ate **A**rray) auslagert. Mit dem stetig wachsenden Umfang von Datenbanken geraten klassische Datenbanksysteme, aber auch speziell angepasste Semantic Web Datenbanksysteme, zunehmend an ihre Grenzen. Gerade im Bereich der Semantic Web Datenbanken existieren mittlerweile Datensätze mit Milliarden von Einträgen, deren Bearbeitung mit rein softwarebasierten Lösungen sehr zeitintensiv ist. Die für eine Hardwarebeschleunigung vorgesehenen kostenintensiven Operationen umfassen dabei sowohl die einzelnen Schritte der Indexerstellung als auch die eigentliche Anfrageverarbeitung für Semantic Web Datenbanken. Die Festlegung der bei der Anfrageverarbeitung auf das FPGA auszulagernden Funktionen erfolgt zur Laufzeit. Um je nach Anfrage einen optimalen Hardwarebeschleuniger bereitstellen zu können, werden mittels partieller dynamischer Rekonfiguration des FPGAs zur Laufzeit entsprechende Datenpfade aus Grundelementen aufgebaut.

3.16 Beschleunigung relationaler Datenbanken mittels laufzeitadaptiver FPGA-Cluster seit 2013

Bearbeiter: PD Dr. rer. nat. habil. Sven Groppe, Dipl. Inf. Stefan Werner

Dieses Forschungsvorhaben wird gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. Thilo Pionteck (Professur für Mikrorechner Universität Dresden und Institut für Technische Informatik Universität zu Lübeck) und mit der Firma SciEngines in Kiel durchgeführt. Es wird im Rahmen des Förderprogramms „**Z**entrales **I**nnovationsprogramm **M**ittelstand (ZIM)" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) – Fördermodul FuE-Kooperationsprojekte durchgeführt. Das Ziel dieses Projektes ist eine Hardwarebeschleunigung von Datenbankoperationen bei relationalen Datenbanken mit großen Datenvolumina. Hiermit wird die Kernthematik von sog. „big data" Szenarien adressiert, indem eine Beschleunigung der Datenbankzugriffe ermöglicht wird. Die technische Umsetzung und Innovation soll mittels eines kombinierten Hardware/Softwaresystems erreicht werden, welches zeitintensive Datenbankoperationen auf ein skalierbares Cluster aus programmierbaren Logikbausteinen (FPGAs, Field Programmable Gate Arrays) auslagert. Das zu entwickelnde Datenbankmanagementsystem soll mehrere Anfragen gleichzeitig bearbeiten, zeitintensive Operationen erkennen und auf das Cluster aus FPGAs auslagern. Hierdurch soll eine Beschleunigung der Datenbankzugriffe um mehrere Größenordnungen möglich sein.

4. Das Institut für Informationssysteme in der Lehre

Da Prof. Linnemann im Wintersemester 1993/94 der einzige Kerninformatik-Professor war, hat das Institut für Informationssysteme für den ersten Studienjahrgang alle vier Veranstaltungen Informatik I-IV durchgeführt.

Danach war und ist das Institut für Informationssysteme schwerpunktmäßig zuständig für die Veranstaltung „Informatik II" des zweiten Semesters, die im Zuge der Umstellung auf das Bachelor/Master-System in „Algorithmen und Datenstrukturen" umbenannt wurde. Vertretungsweise wurde auch ein paar Mal die Veranstaltung „Informatik I" übernommen, die jetzt „Programmieren" heißt.

Neben diesen Grundlagenveranstaltungen und der Vorlesung „Datenbanken" bietet das Institut für Informationssysteme aufgrund seiner Ausrichtung weitere zahlreiche Vertiefungsveranstaltungen zu den Bereichen Semantic Web, verteilte Datenbanken sowie Anfrageverarbeitung in Datenbanksystemen für die Studiengänge Informatik Diplom, Informatik Bachelor und Master, Medizinische Ingenieurwissenschaften Bachelor und Master, Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften MML (ehemals Computational Life Sciences CLS) Bachelor und Master sowie Medizinische Informatik Bachelor und zukünftig Master an.

Im Wintersemester 1995/96 hat das Institut einmalig eine Veranstaltung „Compilerbau" durchgeführt, da der Lehrstuhl „Softwaretechnik und Programmiersprachen" erst zum 01.11.1996 mit Prof. Dr. Walter Dosch besetzt wurde.

Die folgende Aufstellung zeigt alle Lehrveranstaltungen, die das Institut für Informationssysteme teilweise mehrfach durchgeführt hat, in alphabetischer Reihenfolge:

Algorithmen und Datenstrukturen (Vorlesung und Übung)

Anfrageverarbeitung in Datenbanksystemen (Vorlesung und Übung)

Datenbanksysteme / Datenbanken (Vorlesung und Übung)

Datenbanksysteme II / Datenbanken II (Vorlesung und Übung)

Datenbankpraktikum

Datenbanksysteme (Hauptseminar)

Datenbanksysteme (Oberseminar)

Datenbanksysteme (Wahlpflichtpraktikum)

Datenorganisation in Datenbanksystemen (Vorlesung und Übung)

Datenverwaltung mit C (Vorlesung und Übung)

Einführung in die Informatik I (Vorlesung und Übung)

Einführung in die Informatik II (Vorlesung und Übung)

Einführung in die Informatik III (Vorlesung und Übung)

Einführung in die Informatik IV (Vorlesung und Übung)

Informatik und Gesellschaft (Proseminar)

Informationssicherheit (Vorlesung und Übung)

Intelligente Agenten (Vorlesung und Übung)

Multimedia Datenbanken (Vorlesung)

Nonstandard Datenbanksysteme (Vorlesung und Übung)

Programmieren (Vorlesung und Übung)

Mobile und verteilte Datenbanken (Vorlesung und Übung)

Projekt

Seminar

Seminar engl. sprachig

Seminar Software Systems Engineering

Semantic Web (Vorlesung und Übung)

Übersetzung von Programmiersprachen (Vorlesung und Übung)

XML Datenbanken (Vorlesung und Übung

Institut für Mathematik (MATH)

http://www.math.uni-luebeck.de

Jürgen Prestin, Karsten Keller, Andreas Rößler

1. Die Anfänge bis 1997: Aufbau des Instituts unter Leitung von Rupert Lasser

Bereits in seiner konstituierenden Sitzung am 10. November 1992 empfahl der zur Einführung des Studiengangs Informatik eingerichtete Beirat der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Medizinischen Universität zu Lübeck (MUL) neben der Einsetzung einer Kommission für die Berufungen der Informatik-Professuren auch die Gründung einer Kommission für die Berufung der ersten beiden Mathematik-Professuren (C4 und C3) (vgl. hierzu Aufbaubericht des Studiengangs Informatik der Medizinischen Universität zu Lübeck, Mai 1998). Als der Studiengang Informatik mit dem Nebenfach Medizinische Informatik im Wintersemester 1993/94 mit knapp 30 Studierenden seinen Lehrbetrieb aufnahm, waren die Berufungsverfahren für die Mathematik-Professuren zwar noch nicht abgeschlossen, die grundlegenden Mathematik-Veranstaltungen für den 1. Jahrgang von Informatik-Studenten an der MUL konnten aber abgedeckt werden.

Bernd Fischer, zu der Zeit Hochschulassistent am Institut für Angewandte Mathematik der Universität Hamburg, übernahm ab dem 01.10.1993 die Vertretungsprofessur C3 für Mathematik an der MUL und hielt Vorlesungen zur Linearen Algebra und Numerik. Er hatte 1987 bei Gerhard Opfer in Hamburg mit einem Thema zur Tschebyscheff-Approximation bei Iterationsverfahren zur Lösung linearer Gleichungssysteme promoviert und sich 1994 dort über Polynom-basierte Iterationsverfahren für lineare Gleichungssysteme habilitiert. Die Numerik linearer Gleichungssysteme sollte auch sein Forschungsschwerpunkt der ersten Lübecker Jahre bleiben. Am 01.03.1996 erhielt Bernd Fischer schließlich den Ruf auf die neu geschaffene und bis dahin von ihm vertretene C3-Stelle für Numerische Mathematik. Die Anfängervorlesung Analysis für die Informatik-Studenten wurde im Wintersemester 1993/94 von Dr. Michael Voit gehalten, der heute eine Professur an der TU Dortmund innehat.

Die ausgeschriebene C4-Professur für Mathematik wurde zum 01.04.1994 mit der Berufung von Rupert Lasser besetzt, wodurch das zur gleichen Zeit gegründete Institut für Mathematik seinen ersten geschäftsführenden Direktor erhielt. R. Lasser hatte 1976 bei E. Kaniuth an der TU München zur Idealtheorie in Gruppenalgebren promoviert und sich dort 1982 zur Harmonischen Analysis habilitiert. Bevor er dem Ruf auf den Lehrstuhl nach Lübeck folgte, war er seit 1986 AG-Leiter im Institut für Medizinische Informatik und Systemforschung am Forschungszentrum der GSF Neuherberg bei München gewesen mit Schwerpunkt „Harmonische Analysis mit Anwendungen in der Stochastik". Nach Antritt der C4-Professur in Lübeck leitete er das Institut für Mathematik drei Jahre in seiner Aufbauphase, bis er zum 01.05.1997 den Ruf auf das neu gegründete Institut für Biomathematik und Biometrie am Forschungszentrum der GSF Neuherberg sowie den Lehrstuhl für Biomathematik an der TU München annahm. Nahezu zeitgleich mit seiner Amtszeit als Direktor des Instituts für Mathematik war Rupert Lasser auch kommissarischer Direktor des Instituts für Medizinische Statistik und Dokumentation der MUL.

Um den Ausbau des Instituts für Mathematik nach seiner Gründung voranzutreiben, wurden zügig Mitarbeiterstellen besetzt: Das Sekretariat wurde zum 01.07.1994 mit Frau Martina Weber besetzt, die 1997 R. Lasser nach München folgte. Frank Filbir trat, von der Universität Hamburg kommend, zum 01.10.1994 eine Promotionsstelle im Institut für Mathematik an, ging dann aber ebenfalls zum 01.05.1997 mit nach München. Er promovierte danach bei R. Lasser an der TU München zur Harmonischen Analysis und kam zur Vertretung einer Vakanz noch einmal für ein Jahr nach Lübeck zurück. Heute ist er Arbeitsgruppenleiter am Institut für Computational Modeling in Biology des Helmholtz-Zentrum München. Richard Rascher-Friesenhausen war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mathematik der Universität Hamburg, bevor er am 01.10.1994 zur Mathematik in Lübeck wechselte, die er zum 30.06.1999 wieder verließ. Gegenwärtig ist er Professor an der Hochschule Bremerhaven. Und noch zwei weitere Mitarbeiterstellen wurden zum 01.10.1994 besetzt: Achim Ilchmann von der Universität Hamburg war für einige Jahre am Institut und hat heute eine Professur an der TU Ilmenau. Hanns-Martin Teichert promoviert 1983 bei Günter Schaar an der Bergakademie Freiberg über Hamiltonsche Eigenschaften von Graphenprodukten und von 1990 bis 1994 am Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der MUL beschäftigt, trat seine Stelle am Institut für Mathematik ebenfalls am 01.10.1994 an und habilitierte sich 2001 in Lübeck mit einer Arbeit über Summenzahlen und Strukturuntersuchungen von Hypergraphen. Während seiner bis heute andauernden Tätigkeit als Privatdozent am Institut hat er jeweils mehrere Jahre die Lehrveranstal-

tungen Lineare Algebra und Diskrete Strukturen I + II, Biomathematik, Graphentheorie, Kombinatorik, Algebra und das Proseminar gehalten. Im Wintersemester 1994/95 wurde außerdem Jürgen Prestin die Vertretung einer C2-Stelle mit spezieller Forschungsaufgabe im Bereich der Wavelet-Transformationen übertragen. Gerhard Winkler, damals außerplanmäßiger Professor an der Ludwig-Maximilians-Universität München, übernahm von November 1994 bis Ende März 1997 die Vorlesungen im Fach „Biomathematik".

Im darauf folgenden Jahr wurde der Stamm wissenschaftlicher Mitarbeiter weiter aufgestockt: Am 01.04.1995 zunächst einmal um Prof. Dr. Manfred Tasche von der Universität Rostock, der ab dem 01.05.1997 bis Ende Februar 2000 die Lehrstuhlvertretung von R. Lasser übernahm. Er promovierte 1962 bei L. Berg in Rostock, habilitierte sich dort 1976 und war Hochschuldozent und Professor für Analysis bzw. Numerische Mathematik. In seiner Lübecker Zeit beschäftigte er sich besonders mit Approximationstheorie und schnellen Algorithmen. Am 01.08.1995 stieß Roland Girgensohn von einer Postdoc-Stelle in Kanada zum wissenschaftlichen Team des Mathematik-Instituts. Er beschäftigte sich mit Orthogonalpolynomsystemen und Basen in Funktionenräumen und habilitierte sich zu diesem Thema später an der TU München, zu der er zusammen mit R. Lasser zum Mai 1997 wechselte. Im Wintersemester 1995/96 erhielt das Professorenkollegium um R. Lasser und B. Fischer Verstärkung durch Peter Imkeller, der erstmalig die neu geschaffene C3-Professur für Stochastik am Institut besetzte, dieses dann aber für eine Professur an der Humboldt-Universität zu Berlin nach einem Semester wieder verließ. Ebenfalls zum Oktober 1995 kam Jan Modersitzki aus Hamburg, wo er gerade bei G. Opfer mit einer Arbeit über polynomiale Iterationsverfahren für indefinite lineare Gleichungssysteme promoviert hatte, zum Institut für Mathematik in Lübeck. Er habilitierte sich hier 2003 und entwickelte sich in der Folgezeit zu einem international führenden Forscher im Bereich der Bildregistrierung. Während seiner langjährigen Dienstzeit am Institut für Mathematik nahm er wiederholt Professurvertretungen im Ausland wahr (an der Emory University, Atlanta/USA und McMaster University in Hamilton/Kanada), bis er zum 01.01.2010 Professor für Mathematische Methoden der Bildverarbeitung (W2) am gleichnamigen neu gegründeten Mathematik-Institut wurde.

Unter R. Lasser erfolgten in den Jahren 1996 bis 1997 schließlich noch folgende Neueinstellungen: Im Februar 1996 erhielt Frau Elisabeth Firchow eine Halbtagsstelle als Schreibkraft, die ab August 1999 in eine Dreiviertelstelle umgewandelt wurde. PD Dr. Hansmartin Zeuner trat am 01.04.1996 eine C2-Stelle in der Lübecker Mathematik an. Seine Forschungsinteressen lagen zu der Zeit auf den Gebieten „Axiomatische Charakterisierung von Hypergruppen", „Konvergenzgeschwindigkeit beim Kartenmischen" und „Strukturelle Voraussetzungen für die Existenz von stabilen Maßen". Er verließ das Institut am 30.09.2001. Daniel Potts kam am 01.10.1996 als wissenschaftlicher Mitarbeiter von der Universität Rostock ans Institut, promovierte aber noch 1998 an der Universität Rostock bei M. Tasche über schnelle Polynomtransformationen. In seiner Anfangszeit befasste er sich hier mit Vorkonditionierern für Toeplitz-Systeme sowie der schnellen Polynomtransformation und Fourier-Transformation auf der Sphäre. Nach seiner Habilitation zur nichtäquidistanten schnellen Fourier-Transformation an der Universität zu Lübeck im Jahr 2004 arbeitete er noch bis Ende September des darauf folgenden Jahres als wissenschaftlicher Assistent in der Mathematik, bis er zum 01.10.2005 dem Ruf auf einen Lehrstuhl für Angewandte Funktionalanalysis an der TU Chemnitz folgte. Kurzzeitig waren auch Dr.-Ing. Edgar Katzer (Oktober 1996 bis Februar 1997) und Dr. Gisela Pöplau (März bis Juli 1997) am Institut beschäftigt.

2. 1997 – 2000: das Institut unter kommissarischer Leitung von Bernd Fischer

Als B. Fischer am 01.05.1997 die kommissarische Leitung des Instituts übernahm, hatten mit R. Lasser zwei weitere wissenschaftliche Mitarbeiter und die Sekretärin Martina Weber das Institut verlassen. Zum 01.07.1997 wurde Birgit Schneider als neue Institutssekretärin eingestellt. Für die neu zu besetzende Professur für Stochastik (C3) konnte zum Wintersemester 1997/98 Lutz Dümbgen, zu der Zeit wissenschaftlicher Assistent am Institut für Angewandte Mathematik der Universität Heidelberg, gewonnen werden. L. Dümbgen hatte 1990 bei D. W. Müller an der Ruprecht-Karls-Universität zur Asymptotik nichtparametrischer Changepoint-Schätzer promoviert. Nach einem zweijährigen Aufenthalt an der UC Berkeley war er nach Heidelberg zurückgekehrt und dort 1996 mit einer Arbeit zu Konfidenzbereichen für hochdimensionale Parameter habilitiert worden. Die C3-Professur für Stochastik in Lübeck hatte er über vier Jahre inne, als er sie zum 01.03.2002 für einen Ruf auf eine Professur für Statistik an die Universität Bern aufgab. Seine Forschungsarbeit in Lübeck war Modulationsschätzern, robusten Kovarianzschätzern in hohen Dimensionen sowie Tests und Konfidenzbereichen in der nichtparametrischen Kurvenschätzung gewidmet.

Zu Beginn des Jahres 1998 erhielt das Institut mit Frau Dipl.-Inf. Maike Wolf eine eigene Systemadministratorin, die bis heute in der Mathematik beschäftigt ist. Am 01.04.1999 wechselte Frau Gabriele Claasen aus dem Institut für Theoretische Informatik auf eine Halbtagsstelle als Schreibkraft ins Institut für Mathematik, in dem sie noch immer tätig ist. Als wissenschaftliche Mitarbeiter wurden für das Wintersemester 1998/99 noch Dr. Björn-Rüdiger Beckmann und ab dem Wintersemester 1999/2000 für befristete Zeit Dr.-Ing. Kerstin Weinberg beschäftigt.

3. Weiterführung ab 2000: das Institut unter Leitung von Jürgen Prestin

Zum 01.04.2000, fast genau drei Jahre nachdem der erste Institutsdirektor R. Lasser gegangen war, erhielt J. Prestin den Ruf auf den Lehrstuhl für Angewandte Analysis am Institut für Mathematik und übernahm dessen Leitung. J. Prestin hatte 1986 an der Universität Rostock bei M. Tasche zur trigonometrischen Approximation promoviert und sich 1991 zu polynomialen Interpolationsverfahren in Rostock habilitiert. Vor Annahme des Lehrstuhls in Lübeck war J. Prestin von 1997 bis 1999 Arbeitsgruppenleiter am Institut für Biomathematik und Biometrie der GSF Neuherberg sowie Privatdozent an der Fakultät für Mathematik der TU München gewesen und hatte von 1999 bis 2000 eine C4-Vertetung für Angewandte Analysis an der TU Bergakademie Freiberg wahrgenommen. Neben seiner Lehrstuhltätigkeit in der Mathematik war J. Prestin von 2008 bis 2010 auch Dekan der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät und von 2010 bis 2012 Vorsitzender der MINT-Sektionen Informatik, Technik und Naturwissenschaften.

Das Professorenkollegium in der Zusammensetzung J. Prestin, B. Fischer, L. Dümbgen hatte bis Ende Februar 2002 Bestand. Nach dem Fortgang von L. Dümbgen an die Universität Bern wurde erneut eine C3-Stelle für Stochastik ausgeschrieben, die am 01.09.2002 mit Lutz Mattner besetzt wurde. L. Mattner hatte 1990 in Hannover bei Norbert Henze mit einer Arbeit über Extremalprobleme für Wahrscheinlichkeitsverteilungen promoviert und sich 1994 in Hamburg mit Beiträgen zur Theorie des erwartungstreuen Schätzens habilitiert. Er kam 2002 von der University of Leeds nach Lübeck und blieb in der Mathematik, bis er 2009 eine W3-Stelle an der Universität Trier annahm.

Am 01.10.2001 kam PD Dr. Andreas Meister aus Hamburg auf eine Hochschuldozentenstelle (C2) ans Institut, die er zwei Jahre später für eine C4-Stelle an der Universität Kassel aufgab. Michael Hänler und Oliver Mahnke übten zwischen 2003 und 2004 eine kurzfristige wissenschaftliche Tätigkeit in der Mathematik aus. Vom 01.4.2005 bis 31.03.2009 war Dirk Langemann als Akademischer Rat am Institut beschäftigt. Sehr intensiv arbeitete er zusammen mit Prof. Achim Peters von der Medizinischen Fakultät im Rahmen des Drittmittelprojektes „Selfish Brain". Vor seiner Lübecker Zeit hatte D. Langemann in Rostock promoviert und habilitiert. Jens Keiner war ab September 2005 mit dem Ziel der Promotion als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Mathematik tätig. Während eines 7-monatigen Forschungsaufenthalts im Jahr 2007 wurde er von Judith Beckmann, damals genau wie J. Keiner Doktorandin bei J. Prestin, vertreten. J. Keiner promovierte im Dezember 2009 über schnelle Polynomtransformationen und verließ das Institut Ende desselben Jahres.

Nach dem Weggang von L. Dümbgen nahm Karsten Keller zum 01.04.2002 in Lübeck eine Vertretungsprofessur für Stochastik (C3) an. K. Keller hatte 1989 an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald zum Thema „Orthoposets von Extremalpunkten" promoviert und sich 1996 dort habilitiert. Das Thema der Habilitationsschrift lautete: „Invariante Faktoren, Juliaäquivalenzen und die abstrakte Mandelbrotmenge". Nach der Besetzung der neu ausgeschriebenen Stochastik-Professur mit L. Mattner erhielt K. Keller zunächst befristet bis 30.11.2004 einen Vertrag als wissenschaftlicher Angestellter und anschließend einen 4-Jahresvertrag als Oberassistent (C2). Nach dem Weggang von L. Mattner bewarb er sich auf dessen Stelle und bekleidet diese Position seit 01.01.2011.

Der Wechsel von B. Schneider im Frühjahr 2005 vom Institut für Mathematik ins Institut für Telematik hatte ebenfalls eine personelle Veränderung zur Folge. Die frei gewordene Sekretärinnenstelle wurde zum 01.07.2005 mit Margitta Feierabend besetzt.

Nach 2000 konzentrierte und spezialisierte sich die Forschungsgruppe um B. Fischer und J. Modersitzki verstärkt auf Bildregistrierungsfragen, wie sie vor allem bei medizinischen Bildverarbeitungsanwendungen von zunehmender Wichtigkeit sind. 2002 gründeten sie die Forschungsgruppe **SAFIR** („Solutions and Algorithms for Image Registration"), die sehr eng mit universitären und industriellen Partnern zusammenarbeitet. 2007 wurde die Gruppe SAFIR für ihre Aktivitäten im Bereich der Bildregistrierung mit dem erstmals verliehenen und mit 10.000 € dotierten Transferpreis der UzL ausgezeichnet. Im Juni 2010 übernahm B. Fischer dann die Leitung des im Januar desselben Jahres neu gegründeten Instituts für Mathematische Methoden der Bildverarbeitung (Institute of Mathematics and Image Computing – MIC).

Mit Bestürzung erfuhr das Institut für Mathematik von der traurigen Nachricht, dass Kollege Fischer am 15.07.2013 nach schwerer Krankheit verstorben ist.

Andreas Rößler nahm zum 01.10.2011 den Ruf auf die nach dem Ausscheiden von B. Fischer zügig ausgeschriebene W2-Professur für Mathematik an. Er hat an der TU Darmstadt Mathematik studiert, dort 2003 zum Thema „Runge-Kutta methods for the numerical solution of stochastic differential equations" promoviert und sich 2009 im Fach Mathematik habilitiert mit einer Arbeit: „Rooted tree analysis of weak and strong approximation methods for stochastic differential equations". Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich der Numerik stochastischer Prozesse, insbesondere stochastischer Differentialgleichungen und ihrer Anwendungen.

Neben den Professoren J. Prestin, K. Keller und A. Rößler verfügt das Institut heute über vier wissenschaftliche Mitarbeiter. Dies sind auf unbefristeten Stellen H.-M. Teichert (seit 01.09.1995 unbefristet am Institut beschäftigt) und Jörn Schnieder. Letzterer war ab 01.08.2009 im Drittmittelprojekt LIMa beschäftigt, promovierte 2010 neben seiner beruflichen Tätigkeit als Lehrer am Städtischen Gymnasium

Bad Segeberg bei J. Prestin und ist seit 01.03.2011 Akademischer Rat am Institut mit einer ergänzenden halben Stelle am Dozierenden-Service-Center der Universität zu Lübeck seit 01.01.2012. Befristet tätig am Institut sind momentan: Dr. Wolfgang Erb (befristeter Vertrag zur Erlangung der Habilitation seit 01.05.2010) und Dr. Daniel Henkel (befristeter Vertrag bis 31.12.2013: seit 01.04.2012 zu 25 % im Projekt LIMa und seit 01.07.2012 zu 75% über Institutshaushalt beschäftigt). Ronny Bergmann, der vor kurzem seine Dissertation eingereicht hat, war vom 01.10.2009 bis 31.03.2013 zu den gleichen Bedingungen beschäftigt wie Daniel Henkel, arbeitet nun aber bis Ende September dieses Jahres im Drittmittelprojekt „E-Learning".

Das Sekretariat ist nach wie vor mit einer Ganztagsstelle (M. Feierabend), einer Dreiviertelstelle (E. Firchow) und einer Halbtagsstelle (G. Claasen) besetzt.

4. Forschung

Die Forschungsschwerpunkte des Instituts für Mathematik waren von Anfang an interdisziplinär angelegt und lagen in der Aufbauphase bis 1997 in den Gebieten Analysis, numerische Mathematik, Kontrolltheorie, stochastische Prozesse und Graphentheorie. Die Anwendungsfelder lagen damals speziell in der Signalanalyse, Bildanalyse und der Entwicklung von Bioreaktoren sowie in der statistischen Unterstützung klinischer oder epidemiologischer Studien.
Zwei größere Forschungsprojekte, an denen F. Filbir, R. Girgensohn, R. Lasser und M. Tasche in den Gründungsjahren arbeiteten, waren **Approximative Einsen in der Theorie der Fourierreihen** und die **Waveletanalyse**. An letzterem Projekt waren auch B. Fischer, J. Modersitzki, J. Prestin und R. Rascher- Friesenhausen beteiligt. Erwähnenswert sind ferner die Projekte, mit denen sich B. Fischer, J. Modersitzki und R. Rascher-Friesenhausen in dieser Zeit beschäftigten: **Iterative Verfahren zur Berechnung von inkompressiblen Strömungen und Elastic matching mit Anwendung in der Medizin**.

In der Aufbauphase des Instituts für Mathematik wurden zwei von B. Fischer eingeworbene Drittmittelprojekte durchgeführt: Das erste in der Zeit von 1994 bis 1996 und DAAD-gefördert zum Thema **CFD – Computational Fluid Dynamics**. Das zweite erstreckte sich über den Zeitraum 1997 bis 1998, wurde von der NATO gefördert und befasste sich mit **Numerical Analysis of Convection-Diffusion Problems**.

Die Forschungsschwerpunkte blieben in der Ausbauphase nach 1997 im Wesentlichen unverändert. Bei den Anwen-



Die Mitarbeiter des Instituts für Mathematik im Jahr 2013 (Foto: W. Keller)

dungsfeldern rückte die medizinische Bildverarbeitung weiter in den Vordergrund und die mathematische Simulation (insbesondere Wärmeverteilung im menschlichen Körper) trat als ein neues Anwendungsgebiet hinzu. Aus ihm entwickelte sich später ein Drittmittelprojekt zur Thermoregulation von Früh- und Neugeborenen.

Die wichtigsten Forschungs- und Drittmittelprojekte, die sich aus der Fortsetzung und Weiterentwicklung der genannten Forschungsschwerpunkte ergaben, sind im Folgenden in chronologischer Reihenfolge aufgelistet und kurz beschrieben:

Graduiertenkolleg Effiziente Algorithmen und Mehrskalenmethoden (1998 – 2005): Im Jahr 1998 wurde das obengenannte interdisziplinäre Graduiertenkolleg zusammen mit der Christian-Albrechts-Universität Kiel gegründet. Der erste Kollegiat, der dem Institut für Mathematik angehörte, war Markus von Oehsen. Er war ab 01.04.1998 am Institut, promovierte dort unter Betreuung von B. Fischer und verließ das Institut am 28.02.2001. Spätere Promovenden im Rahmen dieses Graduiertenkollegs waren Noemi Laín Fernández (Betreuer: J. Prestin), die vom 01.12.2000 bis 30.09.2003 Mitglied war, und Stefan Kunis (Betreuer: J. Prestin), Kollegiat vom 01.09.2003 bis 31.03.2005. Assoziierte Mitglieder des Graduiertenkollegs waren K. Weinberg und J. Modersitzki, teilweise Mitglieder Philipp Birken (01.07.2002 – 30.10.2003), Stefan Wirtz (01.01.2003 – 31.03.2005) und Stefan Heldmann (01.04.2003 – 31.03.2005).

Vertrauensbereiche und datenanalytische Hilfsmittel für die Auswertung Intervallzensierter Daten (1999 – 2001): Dieses Projekt wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) unterstützt. Zusammen mit auswärtigen Wissenschaftlern erarbeitete L. Dümbgen neue Verfahren der Ereigniszeitanalyse. Wissenschaftliche Mitarbeiter in diesem Projekt waren Sandra Freitag vom 01.10.1999 bis 28.02.2002 und Julia Kelsall vom 16.11.1999 bis 31.01.2000, ab 01.04.2000 außerdem Bernd-Wolfgang Igl.

Trilateralkooperation Deutschland-Russland-Frankreich (2000 – 2003): Die vom DAAD im Rahmen der Trilateralkooperation Deutschland-Russland-Frankreich geförderte Kooperation verband die Universitäten Lübeck, Hannover, Moskau, Nizhny Novgorod, Lille und Rouen. Ziel des Projektes war der Austausch von Wissenschaftlern sowie die Erarbeitung eines gemeinsamen Studienprogramms (Stichwort: Europäische Hochschule). Koordiniert wurde das Projekt von deutscher Seite von B. Fischer. Dipl.-Math. R. Khabiboulline von der Lomonossov-Universität Moskau verbrachte einen längeren projektbezogenen Forschungsaufenthalt am Institut für Mathematik.

MINGLE: Multiresolution in Geometric Modelling (2000 – 2003): Im Rahmen dieses EU-Projektes forschten 9 Arbeitsgruppen aus 6 Ländern an Multiskalen-Algorithmen im 2D- und 3D-Bereich. Aus dem Institut für Mathematik arbeiteten J. Prestin und D. Potts mit an dem Projekt. So wurden beispielsweise in Kooperation mit Dr. E. Quak (SINTEF Oslo) Untersuchungen zu Multiskalensystemen auf der Kugeloberfläche durchgeführt, an denen auch die Kollegiatin N. Laín Fernández beteiligt war. Außerdem verbrachte Dipl.-Math. Daniela Catinas aus Rumänien im Zusammenhang mit diesem EU-Projekt zwei Forschungsaufenthalte am Institut für Mathematik vom 01.04.2001 bis 31.05.2002 und vom 01.10.2003 bis 31.12.2003.

Neue Klassifikationsverfahren mit Anwendungen in der Gassensorik (2001 – 2004): Bei diesem von L. Dümbgen bearbeiteten Projekt wurden, ausgehend von statistischen Beratungen der Firmen Dräger (Lübeck) und Airsense (Schwerin), neue Klassifikationsverfahren entwickelt, die insbesondere bei qualitativen Analysen mit Gassensoren zum Einsatz kamen. Ab Januar 2001 wurde dieses Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung drei Jahre lang gefördert. Mitgewirkt an diesem Projekt haben Lars Hömke und B.-W. Igl.

Entwicklung eines Verfahrens zur virtuellen Simulation von Wärmetherapien bei Früh- und Neugeborenen (2002 – 2005): Es wurde ein mathematisches Modell hergeleitet, welches die Thermoregulation eines Früh- oder Neugeborenen unter Inkubatorbedingungen beschreibt. Dabei wurden die Prozesse der molekularen Wärmeleitung, der Wärmeproduktion, des Blutflusses, der Evaporation, der Radiation, der Konvektion sowie der Konduktion berücksichtigt. Ziel war die Entwicklung eines Softwaretools, welches dieses Modell zeitgenau und dreidimensional implementiert und dessen Ergebnisse visualisiert. An dem Projekt arbeiteten B. Fischer und der in diesem Projekt beschäftigte Martin Ludwig in Zusammenarbeit mit Dr. P. Ahrens (Klinik für Kinder- und Jugendmedizin) und Dr. J. Koch (Drägerwerk AG, Lübeck). Gesponsert wurde das Projekt durch die Technologie Stiftung Schleswig-Holstein. Martin Ludwig promovierte 2006 zu einem Thema in diesem Bereich.

Hochauflösende Texturanalyse von Kristallen (2003 – 2007): Dieses von der DFG geförderte Projekt wurde von J. Prestin in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Helmut Schaeben von der TU Bergakademie Freiberg bearbeitet. Ausgangspunkt des Projektes waren Messungen der Beugungsintensitäten von Röntgen-, Synchrotron- oder Neutronenstrahlen am Kristallgitter. Mittels numerischer Inversionstechniken und schneller Fourier-Algorithmen insbesondere auf der SO(3) konnten im Rahmen einer gemeinsam betreuten Promotion von Ralf Hielscher aus Freiberg Orientierungsdichten im Kristallgitter berechnet werden. Im Rahmen dieses Projektes wurden außerdem mehrere überregionale Workshops durchgeführt.

Selfish Brain (seit 2004): 2004 gründete Dr. Achim Peters von der Medizinischen Klinik I in Lübeck die Forschergruppe „Selfish Brain: Gehirn-Glukose und metabolisches Syndrom". Die von ihm dargelegte Selfish Brain-Theorie besagt, dass das Gehirn von allen Organen im menschlichen Körper am

meisten Energie verbraucht und sich diese in einem gesunden Organismus von anderen Organen holt. Seine Theorie lieferte die erste neurobiologische Erklärung der Entstehung von Adipositas und Diabetes als Folge von Fehlfunktionen in der Energieversorgung des Gehirns. An dem durch die DFG geförderten Projekt arbeiteten Wissenschaftler aus den Bereichen Diabetologie, Hirnforschung, Stressforschung, Psychiatrie und Neurobiologie sowie der Mathematik. Aus dem letzten Bereich waren B. Fischer, J. Prestin und D. Langemann an dem Projekt beteiligt. Matthias Conrad, der von 2002 bis 2008 in diesem und damit verbundenen Projekten tätig war, promovierte 2006 zu einem Thema im Bereich der Selfish Brain-Forschergruppe.

FUSION – Future Environment for Gentle Liver Surgery Using Image-Guided Planning and Intra-Operative Navigation (2005 – 2010): FUSION verfolgte das Ziel einer individualisierten Präzisionschirurgie für Weichgewebe. Zentrale Komponente dieses Konzeptes war die Übertragung von prä-operativ aus Volumenbilddaten (CT, MRT) gewonnenen Planungsdaten (u. a. Gefäße, Tumoren, Zugangswege, Schnittführungen) auf den Situs für die verschiedenen in Betracht kommenden Therapieoptionen (offene Chirurgie, Laparoskopie und/oder Ablation einschließlich transkutaner Verfahren) sowie deren Nutzung für die intra-operative Navigation und die Steuerung intelligenter minimal-invasiver Instrumente zur Unterstützung des Operateurs bei der zielgenauen Umsetzung der Operationsplanung. Dieses Projekt wurde vom BMBF finanziert und von B. Fischer und J. Modersitzki in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Hans-Peter Bruch von der Klinik für Chirurgie in Lübeck ausgeführt. Drittmittelbeschäftigte in diesem Projekt waren Silke Bommersheim, Stefan Heldmann und Nils Papenberg sowie zeitweise Janine Olesch und Björn Beuthien.

Anwendung trilinearer Komponentenanalyse auf ereignisbezogene EEG-Potentiale (seit 2009): Im Zentrum des Projektes steht die Zerlegung ereignisbezogener EEG-Potentiale (ERPs) in sich teilweise überlagernde Komponenten. Ausgangspunkt sind dabei drei- und vierdimensionale Datenarrays von zeitlichen Potentialen, die sich aus Messungen unter verschiedenen Versuchsbedingungen, an verschiedenen Elektroden und für verschiedene Personen ergeben. Während Standardmethoden einerseits keine eindeutigen und andererseits teilweise schlecht interpretierbare Ergebnisse liefern, scheint die parallele Faktorenanalyse (PARAFAC) unter bestimmten Voraussetzungen gut geeignet zu sein, um bestimmte Komponenten in ERPs herauszuarbeiten. Der höherdimensionale Ansatz ist allerdings aus mathematischer Sicht nicht vollständig verstanden und die Entwicklung effektiver und stabiler Algorithmen ist von besonderem Interesse. Das Projekt wird von K. Keller in Zusammenarbeit mit Rolf Verleger vom Institut für Neurologie bearbeitet.

Weitere Projekte, in denen Drittmittelbeschäftigte des Instituts arbeiteten, waren:

- **Automatisierte, datengestützte Bewegungskorrektur in bildgebenden Verfahren der Nuklearmedizin** (2005 – 2006, B. Fischer u. J. Modersitzki in Zusammenarbeit mit MiE/Seeth,Förderung durch Innovationsstiftung Schleswig-Holstein) und das Folgeprojekt **Automatisierte, datengestützte Bewegungserkennung zur anschließenden Bewegungskorrektur in SPECT-Aufnahmen** (2007): Hanno Schuhmacher war im Rahmen dieser beiden Projekte angestellt, promovierte 2009 bei B. Fischer und ging danach zur Fa. MiE/Seeth. Sven Barendt arbeitete 2006 bis 2008 in einem verwandten Projekt zur Entwicklung eines Kleintier-SPECT-Gerätes.
- **Elastische Registrierung medizinischer Bilddaten** (2003 – 2006, B. Fischer u. J. Modersitzki, Förderung durch Fa. Philips): Sven Kabus war in diesem Projekt eingestellt und promovierte Anfang 2007 zu einem Thema mit Projektbezug.
- **Kombinierte Segmentierung und Registrierung** (2006 – 2009, B. Fischer, Förderung durch Fa. Philips): Der Doktorand Konstantin Ens war über die gesamte Laufzeit des Projektes hier beschäftigt, nahm im September 2009 eine Stelle bei der Lübecker Fa. Euroimmun an und schloss seine Promotion bei B. Fischer 2010 ab.

Die gegenwärtigen Forschungsschwerpunkte des Instituts für Mathematik liegen auf den Gebieten der Fourier-Analysis und Approximationstheorie, der Numerischen Analysis stochastischer Prozesse sowie der Symbolischen Dynamik und nichtlinearen Zeitreihenanalyse.

Geforscht wird auf diesen und damit in Zusammenhang stehenden Gebieten auch im Rahmen der **Graduiertenschule „Computing in Medicine and Life Sciences"** der UzL. Die Graduiertenschule ist eine zentrale Einrichtung der Universität zu Lübeck. Sie wurde 2007 im Rahmen der Exzellenzinitiative der deutschen Bundesregierung gegründet. Sie ist international ausgerichtet und soll Doktoranden eine interdisziplinäre Ausbildung an den Schnittstellen Informatik & Medizin, Informatik & Lebenswissenschaften sowie Lebenswissenschaften & Medizin ermöglichen. Jeder Doktorand hat daher zwei Betreuer. Gegenwärtig gibt es am Institut für Mathematik fünf Doktorandinnen und Doktoranden, die Mitglied der Graduiertenschule sind und hier an ihrer Dissertation arbeiten. Dies sind: Claudia Paulick, Valentina Unakafova und Anton Unakafov (alle drei betreut von K. Keller), Sajdeh Sajjadi (betreut von J. Prestin), Claudine Leonhard (betreut von A. Rößler). Seit der Gründung der Graduiertenschule haben folgende Personen aus dem Institut bereits erfolgreich promoviert: Mathieu Sinn (promoviert 2009, Betreuer: K. Keller), Antje Vollrath (promoviert 2010, Betreuer: J. Prestin), Britta Göbel (promoviert 2011, Betreuer: B. Fischer).

Im April 2012 startete das jüngste Forschungsprojekt des Instituts für Mathematik - das **EU-IRSES-Projekt EUMLS** (EU-

Ukrainian Mathematicians for Life Sciences) mit J. Prestin als Projektkoordinator. Der Projektleitung gehören außerdem Dr. Alexandra Antoniouk von der Nationalen Akademie der Wissenschaften der Ukraine in Kiew und Dr. Hans Petter Langtangen von der Universität Oslo an, der vor kurzem Dr. Ewald Quak ablöste. Die Europäische Union fördert das Projekt EUMLS über vier Jahre. Ziel des Projektes ist es, mit acht Partnern aus der EU (beteiligt sind neben Lübeck die Universität Oslo und Mailand) und der Ukraine (hier sind fünf exzellente Institute beteiligt) neue mathematische Verfahren für die Lebenswissenschaften zu entwickeln und die interdisziplinäre Kooperation zwischen Biowissenschaften und Mathematik zu intensivieren. Im Rahmen des Projektes verbringen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Forschungsaufenthalte an den Partnerinstituten und es werden gemeinsame Konferenzen abgehalten. So hielt sich 2012 Olga Kyselova, M. Sc., von der Technischen Universität der Ukraine in Kiew zu einem fünfmonatigen Gastaufenthalt in Lübeck auf und arbeitete in dieser Zeit mit K. Keller und seinen Doktoranden zusammen. 2013 folgten Forschungsbesuche von Dr. Alexandra Antoniouk, Dr. Sergiy Maksymenko und Dr. Ievgenia Semenova vom Mathematischen Institut der Nationalen Akademie der Wissenschaften in Kiew. Die erste EUMLS-Konferenz fand vom 3. bis 14. September 2012 in Kiew statt, die zweite wird vom 5. bis 10. September 2013 auf der Krim abgehalten werden.

Seit der Gründung verbrachten mehrere Gastwissenschaftler mit Unterstützung der Humboldt-Stiftung und des DAAD längere Forschungsaufenthalte am Institut für Mathematik, aus denen zum Teil Publikationen mit Mitarbeitern des Instituts in international anerkannten Fachzeitschriften hervorgingen. Humboldt-Gäste waren Prof. Dr. Hrushikesh N. Mhaskar vom Dept. of Mathematics/California State University (USA), Prof. Dr. Mahmoud Hamed Annaby vom Dept. of Mathematics and Physics/University of Qatar (Katar) und Dr. Rashad Asharabi vom Dept. of Mathematics/Sana'a University (Jemen). Vom DAAD geförderte längere Aufenthalte verbrachten Dr. O. A. Rosso von der Universität Buenos Aires und Dr. Elena Lebedeva von der Faculty of Mathematics and Physics/Kursk State University (Russland) am Institut.

5. Lehre und Studiengang „Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften"

Seit 1993 verantwortet das Institut die Lehre in der Mathematik für die Studiengänge der Fakultät. Diese umfasst insbesondere die beiden großen 2-semestrigen, jeweils 4-stündigen Grundvorlesungen Lineare Algebra und Diskrete Strukturen (LADS) und Analysis. Erstere wurde von 1993 bis 2003 von B. Fischer, von 2003 bis 2010 von H.-M. Teichert gehalten, letztere wurde 1993/94 von M. Voit, 1994 bis 1997 von R. Lasser und 1997 bis 2000 von M. Tasche gelesen. Seit dem Jahr 2000 liegt die Verantwortung für die Analysis bei J. Prestin. Das ständige Angebot wird komplettiert durch die jeweils 2-stündigen Vorlesungen Numerik I + II, Stochastik II und Biomathematik. Mit der Einrichtung des Studiengangs **„Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften (MML)"** wurde das Pflichtangebot erweitert um die Vorlesungen Optimierung (4-stündig), Biosignalanalyse (2-stündig), Stochastische Prozesse und Modellierung (2-stündig) sowie Mathematische Methoden der Bildverarbeitung (2-stündig). Mit der Gründung des zweiten mathematischen Instituts im Jahr 2010 übernahm das MIC die Pflichtveranstaltungen LADS, Optimierung und Mathematische Methoden der Bildverarbeitung. Das Lehrangebot für Pflichtveranstaltungen wird natürlich ergänzt durch eine Reihe von Wahlpflichtvorlesungen, die jeweils unregelmäßig angeboten werden. Auf großes Interesse stößt beispielsweise immer die Graphentheorie. Regelmäßig ergänzt wird das mathematische Angebot durch die Vorlesungen der assoziierten Kollegen R. Schuster vom Biometrischen Zentrum Nord (seit 2001 außerplanmäßiger Professor an der Universität zu Lübeck) und Arne Traulsen vom Max-Planck-Institut für Evolutionsbiologie in Plön (seit 2012 Honorarprofessor an der Universität zu Lübeck).

Für den Übungsbetrieb wird mit sehr vielen studentischen und wissenschaftlichen Hilfskräften zusammengearbeitet. Im Sommersemester 2012 und Wintersemester 2012/13 waren es bei Kleingruppenbetrieb jeweils ca. 25 Hilfskräfte mit 20- oder 40-Stunden-Verträgen pro Monat. Besondere Unterstützung erfahren unsere Hilfskräfte durch J. Schnieder, der im Rahmen seiner Tätigkeit im Dozierenden-Service-Center Workshops anbietet, in denen neben mathematisch-didaktischem Grundwissen insbesondere auch Kompetenzen zur individuellen Lernberatung vermittelt werden.

Ein aktuelles Projekt, das sich aus den Erfahrungen im Übungsbetrieb entwickelt hat, ist das BLK-Projekt **Individuelles E-Learning in den Mathematik-Veranstaltungen des Grundstudiums**. Dieses Projekt befasst sich mit der Bereitstellung und dem gemeinsamen Ausbau eines sich ständig entwickelnden und adaptierbaren E-Learning-Systems in Zusammenhang mit anderen Interessenten. Hintergrund des Projektes ist das fehlende individuelle Feedback zwischen Lehrenden und dem einzelnen Lernenden über seinen aktuellen Stand des Lernerfolgs bei klassischen Übungssystemen. Durch die computerunterstützten Methoden des E-Learning sollen neue Möglichkeiten der individuellen Kontrolle und Interaktion erschlossen werden. Hierbei findet eine enge Kooperation mit dem E-Learning-Bereich On-Campus der Fachhochschule Lübeck statt. Das Projekt ist Teil der MINT-Initiative des Ministeriums für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein. Es wurde als eines der „Modellversuche im Hochschulbereich" der BLK genehmigt. Das Projekt war zunächst für zwei Jahre ab Oktober 2008 bewilligt worden. Projektleiter am Institut für

Mathematik ist J. Prestin, mit der Aufgabe der Umsetzung für die Lehrveranstaltung Analysis war in dieser ersten Projektphase Dr. Peter Dencker als ausführender Mitarbeiter betraut. Nach Überwindung von einigen Startschwierigkeiten verlief das Projekt sehr erfolgreich und wurde um eine zweite Phase bis Ende 2013 verlängert. Seit 01.11.2011 hat der Doktorand Sebastian Penka die Arbeit von P. Dencker übernommen und wird seit 01.04.2013 hierbei von R. Bergmann unterstützt.

Seit 2001 bietet das Institut unmittelbar vor Beginn des Wintersemesters einen Vorkurs Mathematik für die Erstsemestler an. In diesem Kurs werden keine Studieninhalte vorweggenommen, sondern es wird das mathematische Abiturwissen wiederholt und gefestigt. Dieser ursprünglich einwöchige Kurs wird seit 2012 u. a. innerhalb eines Projektes der Exzellenzinitiative Lehre nach und nach auf zwei Wochen ausgedehnt.

Für ihre Lehre sind die Dozenten des Mathematik-Instituts im Laufe der Jahre wiederholt mit Auszeichnungen von den Studierenden bedacht worden, insbesondere ging die studentische Auszeichnung „Heliprof" mehrfach an B. Fischer, L. Dümbgen und H.-M. Teichert sowie im Sommersemester 2013 an J. Prestin.

Bereits Ende der neunziger Jahre kam die Idee auf, einen Diplomstudiengang Biomathematik aufzubauen, was in der Ausschreibung für die Wiederbesetzung des Lehrstuhls von R. Lasser auch verankert wurde. Ab 2000 begannen dann intensive Diskussionen, einen Bachelor-/Master-Studiengang zur Mathematik aufzubauen. Die Lübecker Informatik begann als eine der bundesweit ersten Informatik-Studiengänge, den Bachelor Informatik ab 2000 und den Master ab 2003 anzubieten. 2001 kam der Bachelor Molekulare Biotechnologie hinzu, dem 2004 der entsprechende Master-Studiengang folgte. Nach umfangreichen Diskussionen zur Realisierbarkeit aufgrund knapper Ressourcen stimmte die Technisch-Naturwissenschaftliche Fakultät dann 2002 der Einrichtung eines schwerpunktmäßig mathematisch ausgerichteten Studiengangs zu. Bedingt durch die enge Verzahnung mit den anderen Studiengängen der Fakultät einigte man sich auf den Namen **„Computational Life Science (CLS)"**. Der Studiengang CLS wurde 2004 erfolgreich von der ASIIN akkreditiert und 2009 mit einem Namenswechsel zu **„Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften (MML)"** reakkreditiert. Der Namenswechsel erschien angebracht, um bei Bewerbern keinen Zweifel darüber zu lassen, dass es sich hierbei um einen Mathematik-Studiengang handelt. 2009 erfolgte die Schaffung von drei Vertiefungsmöglichkeiten (Mathematik, Life Science, Bildgebung) und das Fach Biostatistik wurde sowohl im Bachelor als auch im Master gestärkt. In den letzten beiden Jahren schrieben sich jeweils 42 bzw. 62 Bachelor-Studierende und 16 bzw. 17 Master-Studierende für den Studiengang MML ein.

6. Schülerförderung

Viele Mitarbeiter des Instituts für Mathematik engagieren sich in der mathematischen Schülerförderung. J. Prestin ist bundesweit als 1. Vorsitzender des Mathematik-Olympiaden e. V. aktiv und war Chefkoordinator der Internationalen Mathematik-Olympiade (IMO) 2009. Am Institut für Mathematik fanden zwei Treffen zur Vorbereitung dieser IMO statt und seit 2008 werden die jährlichen Treffen zur Organisation der von der Telekom geförderten bundesweiten Initiative „Jugend trainiert Mathematik" in den Institutsräumen abgehalten. K. Keller arbeitet für diese Initiative als Jahrgangskoordinator.

Seit 2005 ist die **Lübecker Initiative Mathematik - LIMa** (Leiter: K. Keller) am Institut tätig. Die Initiative, die im Rahmen der Schülerakademie der Universität zu Lübeck aktiv ist, hat eine breite Förderung mathematisch interessierter und talentierter Schülerinnen und Schüler der Klassen 3 bis 13, den Aufbau nachhaltiger Förderstrukturen und die Orientierung auf Berufe im Bereich der Mathematik und ihres Umfelds zum Ziel. Sie bietet seit 2006 ein umfangreiches Programm von 14-tägigen Arbeitsgemeinschaften für verschiedene Klassenstufen über spezielle Vorlesungen, gemeinsame Mathematik-Wochenenden, Summercamps, mathematische Modellierungswochen bis hin zu einer gezielten und individuellen Vorbereitung auf mathematische Wettbewerbe. In diesem Bereich gibt es eine besondere Zusammenarbeit mit dem Katharineum (erweiterter Mathematikunterricht) und dem Berufsbildungszentrum Rendsburg (Frühstarterstudium). Außerdem organisierte die LIMa zahlreiche Mathematik-Olympiaden (Bundesrunde 2009, Landesrunde Schleswig-Holstein/Süd für Klassenstufe 3/4 der Mathematik-Olympiade seit 2010, Lübecker Stadt-Mathematik-Olympiade seit 2006, Lübecker Stadt-Mathematik-Olympiade für Klassenstufe 3/4 seit 2008). Die LIMa propagiert Möglichkeiten der Berufs- und Studienwahl mit Schwerpunkt Mathematik und deren Anwendungen, u. a. auf Fachtagungen, Messen und in verschiedenen Schulen. Einblicke in die Arbeit eines Mathematikers geben zahlreiche Schülerpraktika im Institut für Mathematik sowie für Schülergruppen buchbare Exkursionen in Mathematik nutzende Einrichtungen oder Firmen. Seit 2007 wird die Lübecker Initiative Mathematik von der Possehl-Stiftung und der Agentur für Arbeit gefördert. Mit Ablauf dieses Jahres endet die dritte Förderphase des Projektes, die Beantragung einer vierten Förderphase läuft zur Zeit. Die Angebote der LIMa werden hauptsächlich von Berit Bender, Jennifer Brandt, Claudia Hahn-Rix, Claudia Paulick (alle ausschließlich über dieses Projekt beschäftigt) sowie Jörn Schnieder unter Mitarbeit von Studierenden erarbeitet und durchgeführt.



Foto: R. Reischuk

7. Die Seefahrtschule

Das Institut für Mathematik war seit seiner Gründung in der ehemaligen Seefahrtschule in der Wallstraße 40 untergebracht. Das unter Denkmalschutz stehende Gebäude in den südlichen Wallanlagen der Altstadtinsel zwischen dem Mühlenteich und dem Elbe-Lübeck-Kanal beherbergte bis 1993 die Seefahrtschule Lübeck, die in dem Jahr nach Flensburg verlegt wurde. Die Geschichte der Seefahrtschule lässt sich bis ins Jahr 1826 zurückverfolgen, als das „Gebäude zur Lehranstalt für die Schiffahrtskunde" auf den Grundmauern des aus dem 13. Jahrhundert stammenden Kaisertors errichtet wurde und die 1808 gegründete Navigationsschule dort einzog. Ausgebildet wurden dort nicht nur Seeleute, Steuermänner und Kapitäne, sondern auch Piloten sowie Seefunker und Maschinisten. Nach den Wirren des Zweiten Weltkriegs wurde 1947 der eingestellte Lehrbetrieb in dem heutigen Bau (um 1900 errichtet) wieder aufgenommen. Die Trägerschaft der Seefahrtschule Lübeck und das Eigentum an dem Gebäude gingen in dieser Zeit auf das Land Schleswig-Holstein über. 1969 erfolgte eine Teilung in den Fachbereich Seefahrt der Fachhochschule Lübeck und die bis 1993 im Gebäude ansässige Seefahrtschule Lübeck.

Im Jahr 1993 wurde an der Universität zu Lübeck (damals noch Medizinische Universität zu Lübeck) der Studiengang Informatik eingerichtet. Die ersten drei Informatik-Institute, die nach dem bereits 1990 gegründeten Institut für Medizinische Informatik von Prof. S. J. Pöppl, dem Aufbaubeauftragten für den neuen Studiengang, entstanden, zogen in die nun frei gewordene Seefahrtschule. So teilten sich ab 1994 das Institut für Theoretische Informatik (Prof. R. Reischuk), das Institut für Praktische Informatik, später umbenannt in Institut für Informationssysteme, (Prof. V. Linnemann) und das Institut für Mathematik (Prof. R. Lasser) die Räumlichkeiten in der ehemaligen Seefahrtschule. Doch für drei im Aufbau befindliche Institute wurde der Platz im Gebäude schnell knapp. Das Institut von Prof. Linnemann zog im Juni 1996 in die Osterweide, die beiden anderen Institute verblieben in der Seefahrtschule. Als 2004 das zunächst nur zweistöckige neue Informatikgebäude (Gebäude 64) auf dem Campus fertiggestellt wurde, verließ auch das Institut für Theoretische Informatik die vorübergehende Bleibe in der Wallstraße, um wie alle anderen Institute der Informatik außerhalb des Universitätsgeländes auf den Campus zu ziehen. Zwar fanden zu der Zeit die mathematischen Grundlagenvorlesungen in Ermangelung größerer Hörsäle in der Seefahrtschule schon auf dem Campus statt, doch es vergingen weitere sieben Jahre, bis das Institut für Mathematik nach der Aufstockung des Gebäudes 64 im November 2011 als letztes Institut mit auf den Campus zog. Vor ihm verließ noch im Mai 2011 das neu gegründete Institut für Mathematische Methoden der Bildverarbeitung die Seefahrtschule und zog in das Multifunktions-Center (MFC) 2 am Carlebachpark im Hochschulstadtteil.

Heute befindet sich das Institut für Mathematik im 3. Obergeschoss des aufgestockten Informatik-Gebäudes und belegt dort fast den kompletten Flügel in Richtung Vorklinikum. Die modern eingerichteten Räume des Instituts umfassen neben einer Vielzahl von Büros eine institutseigene Bibliothek, ein Besprechungs- und ein Sitzungszimmer, einen Seminarraum sowie einen Poolraum, der momentan hauptsächlich für Gastwissenschaftler genutzt wird.

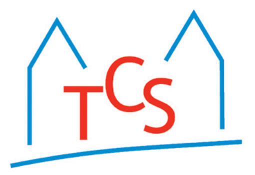


Ansicht des ältesten Hörsaals in der Seefahrtschule Lübeck um 1800 (Foto: Rene Kube)

Institut für Theoretische Informatik (ITCS)

http://www.tcs.uni-luebeck.de

Rüdiger Reischuk, Till Tantau



1. Historie

Das Institut für Theoretische Informatik, abgekürzt ITCS, wurde Anfang 1994 im Zuge der Neueinrichtung der Informatik an der damals noch Medizinischen Universität zu Lübeck gegründet. Dies geschah durch die Berufung von Prof. Rüdiger Reischuk, der zuvor an der Technischen Hochschule Darmstadt gelehrt hatte. Abwägend im Vergleich zu einem konkurrierenden Angebot der Universität Tübingen, dort ebenfalls ein Institut für Theoretische Informatik im neugegründeten Fachbereich Informatik aufzubauen, entschied sich Herr Reischuk für die historische Stadt des hohen Nordens.



Das ITCS bildete zusammen mit dem Institut für Informationssysteme und dem Institut für Mathematik das Gründungstrio für den Kernbereich des neuen Lübecker Diplomstudiengangs Informatik. Diese drei Institute fanden für ihre Forschungs- und Lehrtätigkeit zunächst Unterkunft in der

denkmalgeschützten *Seefahrtschule*, die malerisch auf den Wallanlagen an der Südspitze der Altstadt thronte und die die Universität zuvor mit einigem Aufwand hatte renovieren lassen.

Die ersten Besetzungen der wissenschaftlichen Mitarbeiterstellen des Institutes erfolgten dann in den Jahren 1994 und 1995. Technische Unterstützung bei Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie die Administration der Institutsrechner und von Systemen der Sektion Informatik sind seit 1995 Aufgaben von Dipl.-Ing. Jens Heinrichs. Das Sekretariat wurde zunächst von Korinna Thonig und anschließend von Gaby Claasen geführt. Seit nunmehr 14 Jahren ist Claudia Mamat als Institutssekretärin die erste Ansprechpartnerin für Studierende und Besucher.

Der Aufbauplan für die Informatik sah ein weiteres theoretisch ausgerichtetes Institut vor, das Institut für Logik und kognitive Systeme. Im Jahr 1998 wurde dieser Plan geändert durch den Beschluss, stattdessen ein mehr anwendungsorientiertes Institut für Robotik einzurichten und die logischen Grundlagen durch eine C3-Professur und Mitarbeiter zu verstärken, die in das ITCS integriert werden sollten. Dies erfolgte durch die Berufung von Prof. Thomas Zeugmann, vormals



das ITCS 1999 - 2013

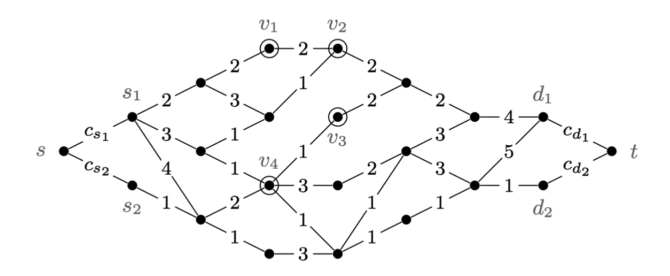
Kyushu University, Fukuoka, Japan, im Jahre 2000.

Schnell zeigte sich, dass der Platz in der *Seefahrtschule* nicht ausreichte, um alle Mitarbeiter, Drittmittelprojekte und studentische Arbeitsplätze adäquat unterzubringen. Länger als erwartet zog sich die Realisierung des bereits in der Gründungsphase zugesagten Neubaus für Informatik auf dem Campus der Universität im Süden Lübecks hin. Im Frühjahr 2004 konnte aber endlich der Umzug in das neue Informatik-Gebäude auf dem Campus erfolgen. Auch wenn ein moderner Neubau sicherlich nicht den Charme eines Gebäudes aus der Kaiserzeit haben kann, so wird dies doch mehr als aufgewogen durch den hinzugewonnenen Platz und die räumliche Nähe zu den anderen Instituten sowie zu Hörsälen und Seminarräumen.

Prof. Zeugmann folgte 2004 einem Ruf an die Hokaido Universität, Sapporo, Japan. Als sein Nachfolger wurde Dr. Till Tantau 2005 berufen. Privatdozent Dr. Maciej Liśkiewicz wurde 2012 zum APL-Professor ernannt.

2. Forschung und Entwicklung

Im Institut für Theoretische Informatik erforschen wir die Grundlagen der algorithmischen Verarbeitung von digitaler Information. Die Basis unserer Untersuchungen ist eine formale Modellierung, aus der mittels mathematischer Analyse präzise Aussagen gewonnen werden. Nehmen wir als Beispiel „sichere E-Mails“. Uns interessiert weniger, wie man ein E-Mail-Programm realisiert, das verschlüsselte E-Mails verschickt, sondern, ob es „sichere E-Mails“ durch geeignete Verschlüsselungsverfahren überhaupt gibt. Kann mehr Rechenkraft die Sicherheit nachweislich erhöhen? Kann man beweisen, dass eine Implementation jedem möglichen Hacker-Angriff widersteht – jetzt und auch in 1000 Jahren? Als Spezialisten für Grundsatzfragen ist unsere Forschung unabhängig von speziellen Systemeigenschaften und Technologiedetails. Die Anwendungsgebiete sind vielfältig und reichen von Optimierungsproblemen, Kommunikationsnetzwerken, Datensicherheit und E-Commerce bis zur Bioinformatik und Immunologie.



Aus Sicht der Theorie möchte man für ein algorithmisches Problem zunächst wissen, ob es sich *überhaupt* lösen lässt, und wenn ja, wie *effizient* es sich lösen lässt (wie viel Zeit, Platz, Cores werden benötigt?). Diese „Komplexität“ eines Problems sieht man ihm oft nicht an: Nehmen wir an, jemand schreibt eine Tafel voll mit 100 Zahlen und Ihre Aufgabe ist es, möglichst wenige davon einzukreisen, so dass die Summe mindestens eine Billiarde ergibt. Dies ist ein einfaches Problem. Modifizieren wir aber das Problem nur ganz leicht, so dass die Summe *genau* eine Billiarde ergeben soll, so ist das Problem plötzlich nachweislich schwierig. Solche negativen Ergebnisse erscheinen für die Praxis zunächst unwichtig, wenn nicht gar hinderlich. In der Praxis ist es aber gerade gut zu wissen, dass bestimmte algorithmische Ansätze *nicht* zum Ziel führen werden.

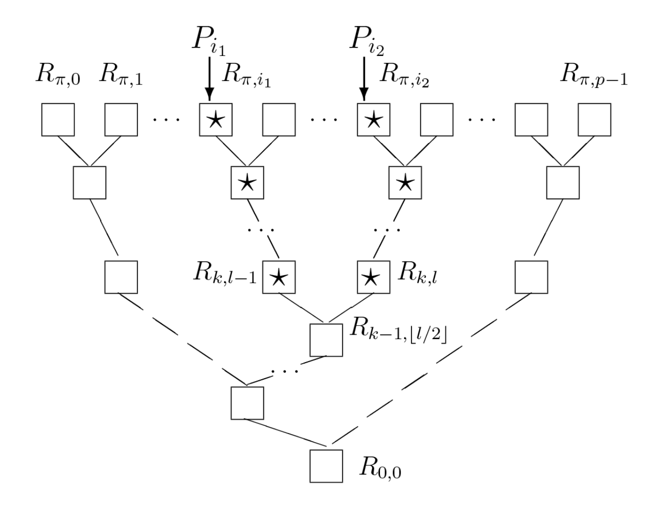
Gegenstück zu solchen Komplexitätsuntersuchungen ist in unserer Forschung die Entwicklung von effizienten algorithmischen Lösungsstrategien. Eine solche Strategie ist mehr als ein konkretes Programm: sie beinhaltet oft auch das Design angepasster Datenstrukturen (der Wechsel von einer Liste zu einem Heap kann ein Programm schnell mal um den Faktor 1000 beschleunigen), Protokolle (moderne WLANs sind sicherer als ältere, obwohl beide die gleiche Schlüssellänge benutzen) und Methodiken (Multi-Core-Systeme können Probleme schneller lösen – wenn man denn auch passende Algorithmen für sie hat).

Wichtige Hilfsmittel bei diesen Untersuchungen sind Methoden aus der Logik, der Diskreten Mathematik, insbesondere Kombinatorik und Graphentheorie, der Wahrscheinlichkeits- und Informationstheorie sowie der Zahlentheorie und Algebra. Die Schwerpunkte unserer Forschung lassen sich folgendermaßen beschreiben.

Die **Algorithmik** beschäftigt sich mit dem Entwurf und der Analyse systematischer Strategien für Problemstellungen, die mit Hilfe von Computerprogrammen gelöst werden sollen. Bei der Diskreten Optimierung sollen für gegebene Eingaben möglichst gute Lösungen gefunden werden, beispielsweise die kostengünstigste Fahrtroute für ein Speditionsunternehmen, die optimale Art der Weiterleitung von Paketen im Internet oder die beste Packung von Gegenständen in einem Übersee-Container. Für derartige Probleme entwickeln wir effiziente, allgemeine Lösungsstrategien. Methodisch werden hierbei heuristische Ansätze, Algorithmen mit probabilistischen Entscheidungen sowie Approximationsverfahren weiterentwickelt und Analysewerkzeuge – etwa zur Laufzeitabschätzung – verfeinert.

Weitere uns interessierende Aspekte sind die Fehlertoleranz algorithmischer Verfahren und das Lösen von Optimierungsproblemen bei beschränkter Information, die Online-Problematik, beispielsweise die verzögerungsfreie Erfüllung von Aufträgen, die sukzessive eintreffen (Server- und Scheduling-Probleme). Aktuell beschäftigen wir uns intensiv mit der Topologie und Steuerung von Energieversorgungsnetzen, bei denen Angebot und Nachfrage nur in beschränktem Umfang vorhergesagt werden kann. Schließlich untersuchen wir im Teilgebiet **Algorithmische Spieltheorie**

die globalen Auswirkungen eigennütziger Entscheidungen mehrerer Akteure, etwa bei elektronischen Auktionen oder Auslastung von Netzwerken.

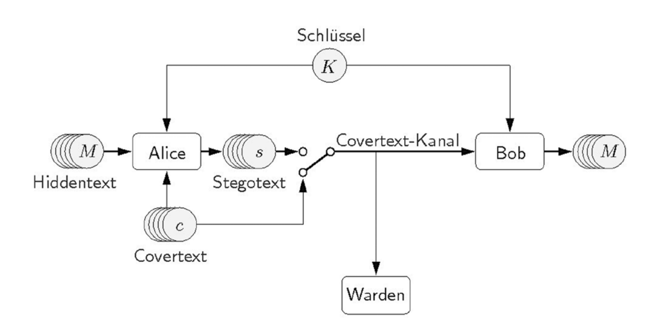


Die **Theoretische Informatik** versucht mit ihren Methoden von Technologiedetails möglichst zu abstrahieren. Jedoch ist der Unterschied zwischen beispielsweise einem Ein-Kern-System und einem Multi-Kern-System von so grundlegender Bedeutung, dass er einer theoretischen Analyse zugänglich ist. Wir beschäftigen uns mit abstrakten Modellen für Rechenmaschinen, beispielsweise mit der Frage, wie sich parallele Systeme modellieren lassen und welche Probleme sie prinzipiell schneller lösen können als Ein-Kern-Rechner. Allgemeiner reicht das Spektrum der in der Theorie untersuchten Maschinenmodelle von der klassischen Von-Neumann-Architektur über logische Schaltkreise und Turing-Maschinen bis zu „exotischen" Berechnungsmodellen wie DNA-Computern oder Quantenrechnern. Die Untersuchung dieser Architekturen zeigt Chancen, aber auch Grenzen möglicher zukünftiger Rechnergenerationen auf.

Das Ziel der **algorithmischen Komplexitätstheorie** ist zu verstehen, wie „schwierig" konkrete Probleme sind. Im Idealfall erreicht man eine exakte Klassifikation des Problems anhand sogenannter Komplexitätsklassen (hiervon sind die Klassen P und NP aus dem berühmten P-NP-Problem nur die prominentesten Beispiele). Eine solche Klassifikation ist unerlässlich um zu entscheiden, ob ein konkreter Lösungsalgorithmus bereits ideal ist oder noch Verbesserungspotential birgt. Unser Hauptinteresse im Bereich der Komplexitätstheorie gilt den kleinen Platzklassen und der Klassifikation von Problemen auf Graphen, mit denen sich solch unterschiedliche Dinge wie Straßennetze, biologische Netzwerke oder das Internet modellieren lassen, sowie der Average-Case-Zeitkomplexität.

In den Life Sciences, insbesondere in der Medizin und der Biologie, wachsen die jährlich neu gewonnen Datenmengen rapide an. Benötigte die erste Entschlüsselung eines menschlichen Genoms noch Jahre, ist dies mittlerweile in wenigen Tagen möglich. Deshalb sind geeignete algorithmische Methoden unerlässlich, um mit diesem wertvollen Datenkonglomerat zu arbeiten. Unsere Forschung auf dem Gebiet der **Bioinformatik** hat das Ziel, deren spezielle Probleme mit informatischen Methoden zu analysieren und adäquate algorithmische Verfahren zu entwickeln. Wir untersuchen beispielsweise, wie schnell sich prinzipiell menschliche Genome aufgrund unvollständiger Daten rekonstruieren lassen. Das menschliche Immunsystem ist noch weitgehend unverstanden. Hier ist unser Ziel, durch Modellbildungen und agentenbasierte Simulationen quantitative Vorhersagen über immunologische Prozesse zu machen.

Im Bereich **IT-Sicherheit** beschäftigen wir uns einerseits mit dem klassischen Problem, den Austausch von Information gegen Ausspähen oder Verändern durch dritte Personen zu schützen. Andererseits sollen Daten und Systeme – einzelne Rechner bis komplette Netzwerke – gegen feindliche Zugriffe und andere Angriffe geschützt werden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Schutz persönlicher Daten. „Privacy" ist in der Informationsgesellschaft eine Grundvoraussetzung für persönliche Freiheit. Eine spezielle Aufgabenstellung hierbei sind digitale Wahlen und Auktionen. Um digitale Dokumente durch entsprechende digitale Siegel oder Wasserzeichen gegen Manipulation und Urheberrechtsverletzungen zu schützen, entwickeln und analysieren wir mathematisch fundierte kryptologische Verfahren, auf deren Grundlage sich dann komplexere Protokolle entwerfen lassen. Aktuell gilt unser besonderes Interesse der Steganographie, der heimlichen Übermittlung von Nachrichten durch Einbettung in unverfänglich aussehende digitale Dokumente.



Beim **Algorithmischen Lernen (Data Mining)** versucht man mit intelligenten Klassifikationsverfahren aus einer Sequenz von Datensätzen weiterreichende Information zu gewinnen. Wir beschäftigen uns mit dem Lernen von Konzeptklassen und Netzwerken, die funktionale oder kausale Abhängigkeiten beschreiben. Effiziente algorithmische Methoden zur Analyse von Ursache-Wirkungs-Beziehungen in vorgegebenen Datensätzen sind bislang nur wenig bekannt.

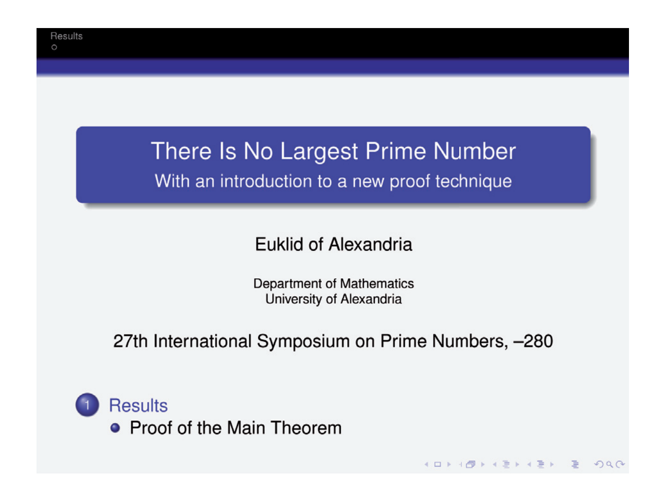
Das Institut hat mit Unterstützung der DFG und des BMBF mehrere Forschungsprojekte in den Bereichen Algorithmische Komplexität und Algorithmisches Lernen durchgeführt. Dr. Markus Bläser wurde im Rahmen des Aktionsplans Informatik der DFG der Aufbau einer eigenen Forschungsgruppe zum Thema Algorithmische Spieltheorie ermöglicht. Anwendungsgebiete unserer Projekte sind unter anderem Kommunikations- und Energie-Netzwerke, hoheitliche Dokumente, E-Commerce sowie immunologische Systeme.

Institutsmitglieder unterhalten zahlreiche Kooperationen mit Fachkollegen, national und international, im außereuropäischen Bereich unter anderem in die USA, Japan, Australien, China und Indien.

Basierend auf ihren Forschungsarbeiten verfügen die Mitglieder des ITCS über besondere Kompetenzen in folgenden Bereichen:

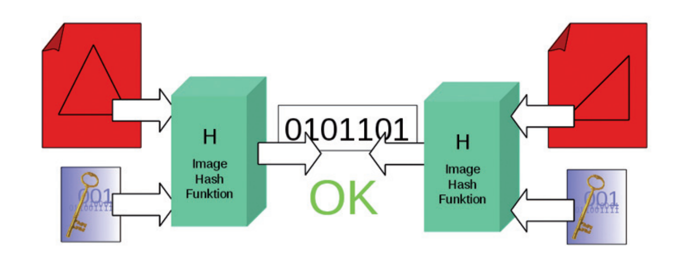
- Komplexitätsanalysen von Berechnungsproblemen
- Entwurf und Analyse algorithmischer Strategien
- Entwurf und Analyse von Datenstrukturen
- Entwurf und Analyse sicherer Kommunikationsprotokolle
- Signierung digitaler Dokumente
- Didaktik der Algorithmik
- Typographie und Satzsysteme

Zwei Entwicklungen von Prof. Tantau im Bereich der freien Software haben international bleibende Spuren hinterlassen: das Beamer-Projekt und das Ti*k*Z-Projekt. Das erste erweitert des Satzsystems $\TeX$ um Komponenten zur Erstellung von Präsentationen. Beamer hat das Licht der Welt erblickt bei der Verteidigung von Till Tantaus Promotion. Als er dann unvorsichtigerweise den Quellcode im Netz allgemein zugänglich machte, wurde er in der Folgezeit mit Fehlerberichten und Feature-Requests überhäuft. Diese arbeitete er gewissenhaft ab, so dass sich das Paket weiterentwickelt hat zu einem Standard, den es heutzutage für Vorträge vieler tausende von Wissenschaftlern in der Theoretischen Informatik und Mathematik weltweit darstellt.



Die Basis des Ti*k*Z-Projekts wurde ebenfalls im Rahmen der Dissertation von Prof. Tantau gelegt. Ursprünglich diente es allein zum Zeichnen der Abbildungen in dieser Arbeit – mittlerweile ist auch dies Projekt wesentlich gewachsen. Die im über 1000 Seiten starken Handbuch beschriebenen Möglichkeiten von Ti*k*Z reichen von Befehlen für einfache Zeichnungen über Bibliotheken für das Zeichnen von Automaten oder E/R-Digrammen bis zu allgemeinen Methoden zur Datenvisualisierung und fortgeschrittenen Algorithmen zum Graph-Drawing.

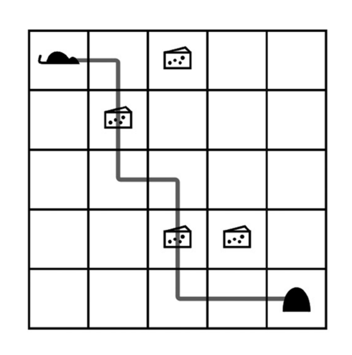
Prof. Reischuk und Prof. Liśkiewicz haben in Kooperation mit der Bundesdruckerei in Berlin für das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) ein System zur Erhöhung der Fälschungssicherheit von Ausweisdokumenten durch digitale Siegel entwickelt. Als Beispiel für weitere Entwicklungsarbeiten im ITCS seien Online-Wahlsysteme höchster Sicherheitsstufen genannt.



3. Lehre

Das ITCS ist in der Lehre im Bachelorstudiengang Informatik verantwortlich für den Bereich der theoretischen Grundlagen und der Algorithmik. Im Pflichtbereich werden die Lehrmodule Einführung in die Logik, Theoretische Informatik sowie Algorithmendesign regelmäßig durchgeführt. Im Institut lebt die TCS-Maus, die uns immer wieder Anregungen für interessante Übungsaufgaben gibt (siehe die original Klausuraufgabe auf der nächsten Seite). Für den Studiengang Molecular Life Science bieten wir eine eigene Veranstaltungsreihe Einführung in die Informatik an. Das Institut ist auch maßgeblich beteiligt an dem neuen Anwendungsfach IT-Sicherheit und Zuverlässigkeit, unter anderem durch Veranstaltungen in den Bereichen Codierung und Kryptologie.

Im Masterstudiengang Informatik werden diese Themenbereiche durch entsprechende Lehrmodule vertieft. Die studentischen Abschlussarbeiten im Diplom-, Bachelor- und Master-Studiengang decken ein weites Spektrum der Komplexitätstheorie, Algorithmik und IT-Sicherheit ab. Die Diplomarbeit von Ulrich Wölfel *Strukturbeschreibung von Mengen digitaler Bilder durch Ähnlichkeitsmaße* wurde 2004 als beste Abschlussarbeit bundesweit im Bereich IT-Sicherheit mit dem 1. Preis des *Competence Center for Applied Security Technology* ausgezeichnet.



Ob Sie es glauben oder nicht: Ein aktuelles Forschungsthema des Profs und des Assistenten dieser Veranstaltung ist die *Süd-Ost-Maus*. Diese Maus lebt in den Zellen einer quadratischen zweidimensionalen Matrix und kann sich in dieser Matrix ausschließlich von Zelle zu Zelle nach Süden und nach Osten bewegen. Die Maus beginnt ihren Tag immer in der Zelle im Nordwesten und will bis zum Ende des Tages in ihr Mauseloch im Südosten gelangen. Damit sie nicht verhungert, muss sie auf ihrem Weg dahin mindestens ein Käsestück fressen. Ein solcher Pfad dieser Maus ist nebenstehend eingezeichnet.

Schreiben Sie eine Methode, die eine Matrix erhält und bezüglich dieser Matrix einen Heimweg für die Maus zurückgibt, sodass die Maus mindestens ein Stück Käse fressen kann.

In den ersten Jahren der Lübecker Informatik hat das Institut regelmäßig in der *Seefahrtschule* Weiterbildungskurse für Mathematik- und Informatik-Lehrer in Schleswig-Holstein durchgeführt. Seit mehreren Jahren trainiert und betreut Prof. Liśkiewicz studentische Mannschaften beim jährlichen *ACM International Collegiate Programming Contest*, die beim nordeuropäischen Ausscheidungswettbewerb NWERC gute Platzierungen erreichen konnten. Darüber hinaus ist er einer der Initiatoren des deutschen Wettbewerbs GCPC (German Collegiate Programming Contest).

In 2006, dem Wissenschaftsjahr Informatik, hat Prof. Reischuk die bundesweite Initiative *Algorithmus der Woche*, eine Internet-basierte wöchentliche Präsentation algorithmischer Konzepte betreut, die inzwischen als Monographie in mehreren Sprachen erschienen ist und organisierte im September den *Lübecker Informatik-Jahr-Markt*. Zu Ehren von Alan Turing, dem Erfinder des Computers, hat das Institut am 23. Juni 2012 anläßlich Turings 100. Geburtstags eine öffentliche Veranstaltung mit Vortrag und Experiment unter dem Titel *Können Computer denken?* für die Lübecker Bürger durchgeführt.













4. Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses

Mehrere Dissertationen wissenschaftlicher Mitarbeiter des ITCS haben durch Preise eine besondere Würdigung erfahren. Die Dissertation von Christian Schindelhauer *Average- und Median-Komplexitätsklassen* wurde 1997 mit dem *Prof. Otto Roth Preis* der Freunde und Förderer der Universität ausgezeichnet, die Dissertation von Andreas Jakoby *Die Komplexität von Präfixfunktionen bezüglich ihres mittleren Zeitverhaltens* 1998 mit dem Fakultätspreis der Universität. Die Dissertation von Bodo Manthey *Approximability of Cycle Covers and Smoothed Analysis of Binary Search Trees* erhielt 2005 ebenfalls den Fakultätspreis. Gleiches galt 2011 für die Dissertation von Johannes Textor *Search and Learning in the Immune System: Models of Immune Surveillance and Negative Selection*, die darüber hinaus mit dem GI-Dissertationspreis für die beste Informatik-Dissertation im deutschsprachigen Raum ausgezeichnet wurde. Herr Textor erhielt außerdem den *Stefan-Weiland-Preis* der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie als bester Nachwuchswissenschaftler auf diesem Gebiet im Jahr 2012. Die Dissertation von Michael Elberfeld *Space and Circuit Complexity of Monadic Second-Order Definable Problems on Tree-Decomposable Structures* wurde für den GI-Dissertationspreis 2012 vorgeschlagen.

Vier Mitglieder des Institutes haben sich habilitiert bzw. umhabilitiert: Dr. Gerhard Buntrock (1997), Dr. Maciej Liśkiewicz (2002), Dr. Markus Bläser (2003), Dr. Andreas Jakoby (2003).

5. Wissenschafts-Management

Neben seiner Tätigkeit als geschäftsführender Direktor des ITCS hat Prof. Reischuk folgende Funktionen innerhalb der Universität zu Lübeck wahrgenommen: Dekan der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät 2002–2004, Studiengangsleiter Informatik und Vorsitzender der Prüfungsausschüsse Bachelor- und Master-Informatik seit 2006, wissenschaftlicher Leiter (CIO) des IT-Service Centers seit 2009 und stellvertretender Vorsitzender des Senats seit 2010.

Auf Bundesebene engagiert sich Prof. Reischuk für die Informatik im Vorstand des Fakultätentags Informatik FTI und fungiert seit 2009 als stellvertretender Vorsitzender. Er ist seit 2012 persönliches Mitglied des Dachvereins 4ING der Fakultätentage Bauingenieurwesen und Geodäsie, Elektrotechnik und Informationstechnik, Informatik sowie Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Seit 1995 ist er Mitglied im Preisrichterkomitee für den GI Dissertationspreis. Des Weiteren ist er Mitglied der Akkreditierungskommission der ASIIN seit 2011 und Mitglied im 2011 gegründeten wissenschaftlichen Beirat für das Bibliometrie-Projekt DBLP.

Prof. Tantau nimmt die Aufgabe des Studiendekans und koordinierenden Studiengangsleiters aller MINT-Studiengänge seit 2008 wahr. Er ist weiterhin Präsidiumsbeauftragter für den Internet-Auftritt der Universität und für das Studierendenmarketing. Bundesweit engagiert er sich beim Bundeswettbewerb Informatik, wo er Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat ist und auch schon mehrfach als Preisrichter bei Endrunden mitgewirkt hat.

Prof. Reischuk hat als Chairman des Programmkomitees bzw. lokaler Organisator die folgenden internationalen Tagungen in Lübeck mit Unterstützung der Institutsmitarbeiter veranstaltet:

14th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS 1997)
13th International Conference on Algorithmic Learning Theory (ALT 2002)
15th International Symposium on Fundamentals of Computation Theory (FCT 2005)
39th International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG 2013)



Für das internationale Forschungszentrum Informatik Schloß Dagstuhl IBFI hat Prof. Reischuk als wissenschaftlicher Organisator für folgende Tagungen fungiert:

Time Services (1996)

Complexity of Boolean Functions (1997, 1999, 2002 und 2006)

Game-theoretic Analysis of the Internet (2004)

Computational Complexity of Discrete Problems (2008 und 2011)

Institut für Technische Informatik (ITI)

http://www.iti.uni-luebeck.de

Erik Maehle, Kay Römer

Das Institut für Technische Informatik (ITI) wurde im Dezember 1994 mit der Berufung von Prof. Dr.-Ing. Erik Maehle nach Lübeck gegründet. Es gehörte zu den ersten Instituten, die im Rahmen des ab Wintersemester 1993/94 in Lübeck angebotenen Diplom-Studiengangs Informatik neu eingerichtet wurden.

Zunächst war das Institut im Forschungsverfügungsgebäude (Haus 32) auf dem Campus an der Ratzeburger Allee untergebracht, ab 1999 dann im alten Küchengebäude des Klinikums (Haus 33), das entsprechend umgebaut wurde und damit Platz für Labore, Besprechungsraum und Büroräume bot. 2011 erfolgte der Umzug in das Gebäude 64, wo das ITI jetzt gemeinsam mit den anderen Informatik-Instituten beheimatet ist.



Abb. 1: *Mitarbeiter des ITI vor Haus 33 kurz vor dem Umzug in Haus 64 (2011)*

1. Forschung

In der Forschung liegt der Schwerpunkt auf komplexen Systemarchitekturen, deren Entwurf, Implementierung und Bewertung. Hierzu werden am ITI drei Themenkomplexe verfolgt: Parallele, fehlertolerante und rekonfigurierbare Systemarchitekturen, mobile autonome Roboter sowie eingebettete und cyber-physikalische Systeme.

1.1 Parallelrechner

Parallelrechner sind aus einer Vielzahl miteinander kommunizierender Prozessoren aufgebaut. Damit lässt sich zum einen eine hohe Verarbeitungsleistung durch Parallelarbeit (parallele Programmierung) erreichen, zum anderen aber auch hohe Zuverlässigkeit durch Fehlertoleranz (Redundanz), d. h. trotz ausgefallener einzelner Prozessoren kann der Computer weiter seine spezifizierten Aufgaben erfüllen – eventuell mit etwas verminderter Leistung. In den neunziger Jahren waren Parallelrechner nur als Hochleistungsrechner im Einsatz. Mittlerweile sind mehrere Prozessorkerne auf einem Chip realisierbar und derartige Multi/Manycore-Prozessoren bei PCs, Servern aber zunehmend auch in Smart Phones und vielen eingebetteten Systemen Standard.

Aufbauend auf Arbeiten an der Uni-GH Paderborn, von wo Prof. Maehle nach Lübeck berufen wurde, kamen am ITI zunächst Parallelrechner der Firma Parsytec auf Basis von Transputern und PowerPCs mit einem proprietären Verbindungsnetzwerk zum Einsatz. Im EU-Projekt FTMPS wurden Fehlertoleranzverfahren für diese Zielsysteme entwickelt.
Das ITI war dabei für benutzertransparentes Checkpointing verantwortlich, welches ein automatisches Zurückrol-

len und einen selbsttätigen Wiederanlauf (Rollback Recovery) eines parallelen Programms im Fehlerfall erlaubt. Im DFG-Projekt „Fehlertolerantes Multiprozessor-Scheduling" wurden Verfahren zur automatischen fehlertoleranten Verteilung paralleler Programme auf die einzelnen Prozessoren entwickelt. Später waren hierfür auch agentenbasierte Lastbalancierungsverfahren Gegenstand der Forschung. Mit Unterstützung der Industrie wurde eine integrierte Werkzeugumgebung DELTA-T zur Fehlerdiagnose (Debugging) und Leistungsanalyse (Monitoring) in Parallelrechnern geschaffen.

Mitte der neunziger Jahre kam als Alternative zu herkömmlichen, dedizierten und damit recht teuren Parallelrechnern eine „Low-Cost"-Alternative auf: PC-Cluster, die aus handelsüblichen PCs, verbunden über ein schnelles Kommunikationsnetzwerk, bestehen und durch geeignete Software wie ein Parallelrechner programmiert werden können. Am ITI wurde bereits 1996 unter Leitung von Dr.-Ing. Wolfgang Obelöer ein erster experimenteller PC-Cluster mit acht Prozessoren und einem proprietären Hochgeschwindigkeits-Verbindungsnetzwerk (Drake-Cluster) in Betrieb genommen. Da er seine Erwartungen voll und ganz erfüllen konnte, wurde basierend auf diesen positiven Erfahrungen 1998 im Rahmen des EU-Projekts ARCHES ein 96-Prozessorsystem mit dem Gigabit-Netzwerk Myrinet aufgebaut, der Störtebeker-Cluster (Abb. 2). Er gehörte bei seiner Inbetriebnahme zu den größten und schnellsten Rechnern seiner Art in Deutschland und machte besonders durch seine Beteiligung an der Suche nach Außerirdischen im Rahmen des SETI-Projekts der University of Berkeley auch außerhalb der Fachwelt auf sich aufmerksam. Vor allem wurde er aber für medizinische Anwendungen in Kooperation mit dem Laserzentrum Lübeck, der Klinik für Augenheilkunde und dem Institut für Anatomie eingesetzt. Weitere Forschungsarbeiten beschäftigten sich mit der fehlertoleranten verteilten Speicherung und Verwaltung multimedialer Daten (z. B. für Medienserver), insbesondere durch den Einsatz effizienter Erasure Codes auf PC-Clustern. Zu diesem Thema hat sich Herr Dr.-Ing. Peter Sobe 2009 habilitiert (seit 2010 Professor an der HTW Dresden).

Benannt wurden die Lübecker PC-Cluster nach Piraten, da diese Computerarchitekturen wesentlich kostengünstiger und flexibler waren als die teuren, schwerfälligen „Handelsschiffe" der traditionellen Parallelrechner, die dadurch immer mehr in Bedrängnis gerieten. Um letztere mit in die Forschung einzubeziehen, beteiligte sich das Institut maßgeblich an der Beschaffung des Parallelrechners Mayflower, einer Shared-Memory-Maschine, gemeinsam mit den Instituten für Theoretische Informatik, Medizinische Informatik sowie Softwaretechnik und Programmiersprachen.

Der Störtebeker-Cluster war zwar das Flaggschiff der Lübecker Cluster-Flotte, aber aufgrund seiner Größe nicht portabel. Ein kleineres Mitglied, der Captain Hook-Cluster mit



Abb. 2: *Störtebeker-Cluster (1998)*

10 Prozessoren und dem Gigabit-Netzwerk SCI (1997), konnte dagegen auf Messen wie der Cebit oder auf Ausstellungen z. B. im Landtag Schleswig-Holstein der Öffentlichkeit vorgestellt werden. Letztes Mitglied war seit 2004 der Magellan-Cluster mit 16 Opteron-Prozessoren auf 8 Blades und einem Infiniband 10-Gigabit-Netzwerk, der als erster nicht mehr nach einem Piraten, sondern nach einem Entdecker benannt wurde, da mittlerweile Cluster-Computer selbst zu den etablierten Parallelrechnerarchitekturen gehörten und einen festen Platz in der TOP500-Liste der schnellsten Computer der Welt erobert hatten. Damit wurde aber auch die Forschung an vollständigen Systemen immer aufwendiger und überstieg zunehmend die Möglichkeiten des ITI.

Die nachfolgenden Arbeiten im Bereich Parallelrechnerarchitekturen konzentrierten sich daher auf zwei Teilaspekte: adaptive Verbindungsnetzwerke und rekonfigurierbare Co-Prozessorsysteme. Neuartige Konzepte für das Verbindungsnetzwerk zwischen Prozessorknoten wurden bereits ab Mitte der neunziger Jahre im DFG-Projekt RUBIN, das regelbasierte, adaptive Router zum Ziel hatte, verfolgt.

Durch Fortschritte in der Mikroelektronik wurde es ab der Jahrtausendwende möglich, Parallelrechner für spezielle Aufgaben auf einem einzigen Chip unterzubringen. Durch

rekonfigurierbare Logik können sich diese Chips sogar an unterschiedliche Anforderungen selbst anpassen. Diese neue Generation von dynamisch rekonfigurierbaren System-on-Chip-Architekturen wurde am ITI im DFG-Projekt DynaCORE innerhalb des Schwerpunktprogramms „Rekonfigurierbare Rechensysteme" (2003 bis 2009) untersucht. Das Verbindungsnetzwerk zwischen Prozessorkernen wurde nun als Network-on-Chip (NoC) auf dem Chip selbst integriert. Derartige dynamisch adaptierbare NoCs (Abb. 3) sind bis heute unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Thilo Pionteck (derzeit TU Dresden) ein wichtiger Forschungsgegenstand am ITI.

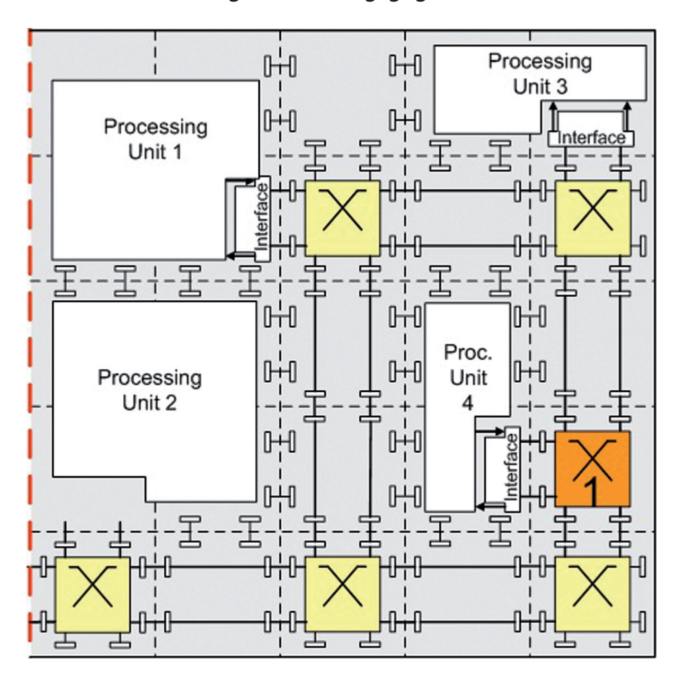


Abb. 3: *Dynamisch adaptierbares Network-on-Chip CoNoChi*

Rekonfigurierbare Co-Prozessoren auf FPGA-Basis (Field Programmable Gate Arrays) sind auch eine attraktive Möglichkeit zur Steigerung der Rechenleistung von Knotenrechnern in universellen parallelen Hochleistungsrechnern. Am ITI wurden hierzu u. a. auf einer Cray XD1 ab 2006 Teile eines Ray Tracers auf deren FPGA Co-Prozessor implementiert und analytische Modelle zur Leistungsbewertung entwickelt. Diese Arbeiten werden derzeit auf einer Convey HC-1, die am ITI seit 2012 in Betrieb ist, fortgesetzt.

1.2 Mobile Roboter

Einen weiteren Forschungsschwerpunkt am ITI bilden mobile autonome Roboter. Der Serviceroboter MAVERIC (Abb. 4) wurde bereits ab Ende der neunziger Jahre für Hol- und Bringdienste z. B. in Krankenhäusern konstruiert. Er setzte die damals gerade neu aufkommenden Laserscanner zusammen mit 3D-Karten ein. Damit war er in der Lage, sich in Gebäuden autonom zu lokalisieren und zusammen mit Ultraschallsensoren Hindernissen auszuweichen. Mit seiner Kamera konnte er Menschen erkennen und sie über Lautsprecher ansprechen, über Stereo-Mikrofone reagierte er auf Zurufe.



Abb. 4: *Serviceroboter MAVERIC (um 2000)*

Aufbauend auf Arbeiten in Paderborn wurden unter Leitung von Dr.-Ing. Werner Brockmann lernfähige und wissensbasierte Methoden, insbesondere Neuro-Fuzzy-Systeme, theoretisch untersucht und u. a. in pneumatischen Robotern praktisch umgesetzt. Der pneumatische Laufroboter FRED II, der mit Unterstützung der Firma Kuhnke konstruiert wurde, kann sich sogar in unwegsamem Gelände bewegen. Besonders erfolgreich waren der Kletterroboter FALCO, der 2001 den Best Climbing Robot Award gewinnen konnte, und die Putzroboter WICTOR und HECTOR, die 2002 bei den Weltmeisterschaften der Putzroboter in Lausanne den 1. Platz im Fensterputzen bzw. den 4. Platz bei der Bodenreinigung belegten. Diese Roboter wurden von Studierenden im Rahmen des Elektronik-Projektpraktikums konstruiert.

Mit der Berufung von Herrn Brockmann 2005 auf eine Professur an die Uni Osnabrück wurde die Robotik-Gruppe

von Prof. Maehle selbst übernommen. In Kooperation mit der Uni Osnabrück und dem Fraunhofer-Institut AIS (Autonome Intelligente Systeme) in St. Augustin wurde das Projekt ORCA (Organic Robot Control Architecture), gefördert im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms „Organic Computing" (2005 bis 2011), durchgeführt.

Moderne Informatiksysteme werden immer komplexer, was die Beherrschung ihrer Komplexität beim Entwurf und im Betrieb zu einem zentralen Problem macht. Organic Computing (OC) verfolgt hierzu den Ansatz, Prinzipien von organischen Systemen auf Computersysteme, insbesondere eingebettete Systeme, zu übertragen, um diese selbstorganisierend, selbstheilend, selbstoptimierend, selbstschützend, selbstkonfigurierend und selbsterklärend zu machen, so dass sie sich an ihre Umwelt wie das organische Vorbild adaptieren können. Organische Computersysteme sollen sich den Bedürfnissen des Menschen anpassen und nicht, wie heute meist der Fall, verlangen, dass sich der Mensch an den Computer anpasst.

Ziel des ORCA-Projektes war es nun, OC-Prinzipien auf mobile autonome Roboter anzuwenden. Als Demonstrator wurde hierzu der sechsbeinige Laufroboter OSCAR (Abb. 5) am ITI entwickelt. Er verwendet eine von Insekten inspirierte selbstorganisierende Laufmustergenerierung, mit der er in schwierigem Gelände auch dann noch laufen kann, wenn einzelne Beine defekt sind. Zudem verfügt er über eine adaptive Wegplanung, die seinen „Gesundheitszustand" berücksichtigt. Aktuelle Arbeiten entwickeln die ORCA-Architektur für den adaptiven Einsatz von modernen visuellen SLAM (Simultaneous Localization And Mapping)-Verfahren für industrielle Anwendungen weiter.



Abb. 5: *Organischer Laufroboter OSCAR*

Neu hinzugekommen sind seit 2005 Arbeiten zu autonomem Unterwasserrobotern, die derzeit noch eine große Herausforderung in der Robotikforschung darstellen. Besonders erfolgreich war das im Rahmen des Robotik-Praktikums entwickelte AUV (Autonomous Underwater Vehicle) HANSE (Abb. 6), das im internationalen Wettbewerb SAUC-E (Student Automous Underwater Challenge – Europe) 2009 den Innovationspreis und 2011 den 1. Preis erringen konnte. Das Nachfolge-Modell SMART-E (Abb. 7) hat für seinen neuartigen omni-direktionalen Unterwasserantrieb den Innovationspreis 2012 gewonnen.



Abb. 6: *Siegerteam des Wettbewerbs SAUC-E 2011 mit Unterwasserroboter HANSE in La Spezia, Italien*



Abb. 7: *Omni-direktionaler Unterwasserroboter SMART-E (Innovationspreis SAUC-E 2012)*

Für viele Anwendungen wie z. B. das Unterwasser-Umweltmonitoring bietet es sich an, nicht einzelne Roboter, sondern ganze Schwärme einzusetzen, welche die Aufgabe schneller und zuverlässiger erledigen können. Eine Kommunikation der Schwarmmitglieder muss dabei ähnlich wie bei Delphinen über Ultraschall erfolgen, da elektromagnetische Wellen

und auch Licht unter Wasser zu stark gedämpft werden. Im Projekt MONSUN werden daher am ITI kleine schwarmtaugliche AUVs entwickelt (Abb. 8), die über speziell für diesen Einsatz konzipierte Akustikmodems kommunizieren. Zur genauen Selbstlokalisation sollen dabei einige Schwarmmitglieder an der Wasseroberfläche bleiben und GPS-Positionen aufnehmen. Mit deren Hilfe können sich dann die abgetauchten Schwarmmitglieder mittels akustischer Kommunikation ebenfalls lokalisieren.

Als ein sehr wertvolles Werkzeug hat sich für diese Projekte der ebenfalls am ITI entwickelte Unterwasserroboter-Simulator MARS erwiesen, der insbesondere eine genaue physikalische Simulation von AUVs anbietet.



Abb. 8: *Schwarmfähiger Unterwasserroboter MONSUN*

Ein von der Lübecker Graduiertenschule gefördertes Robotik-Projekt m.ReS beschäftigt sich in Kooperation mit dem Institut für Robotik und Kognitive Systeme sowie der Klinik für Neurologie mit Rehabilitationsrobotern für Schlaganfall-Patienten. Dabei werden kleine mobile Geräte entwickelt, die sich individuell an den Patienten anpassen können und vom Therapeuten über das Internet kontrollierbar sind.

1.3 Cyber-physikalische Systeme

Bereits recht früh hat sich das ITI mit Funknetzwerken zum Einsatz in mobilen Computersystemen beschäftigt. So war es 2000 federführend an der Einführung eines Campus-weiten WLANs (Wireless Local Area Network) im Rahmen eines BMBF-Projekts beteiligt. Weitere Forschungsarbeiten setzten die Bluetooth-Technologie in einem gemeinsamen Projekt mit der Klinik für Anästhesiologie, dem Institut für Medizintechnik, dem Institut für Signalverarbeitung und Prozessrechentechnik sowie der Firma Medlab zum drahtlosen Patientenmonitoring ein. Ziel war es hierbei, das damals noch übliche Drahtgewirr bei Operationen und im Intensivbereich durch drahtlose Sensoren am Patienten zu ersetzen. Die Funktionstüchtigkeit eines Demonstrators konnte u. a. bei Tier-Operationen gezeigt werden.

Ab 2009 wurde mit der Berufung von Prof. Dr. Kay Römer eine eigene Gruppe für cyber-physikalische Systeme aufgebaut. Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich insbesondere damit, die Zuverlässigkeit, Energieeffizienz und Benutzerfreundlichkeit von drahtlos vernetzten eingebetteten Systemen zu erhöhen, die zunehmend auch ins Internet integriert werden – man spricht hier vom Internet der Dinge.

Ab 2009 wurde im Rahmen des Exzellenzclusters „Entzündungen an Grenzflächen" der Einsatz drahtloser Sensornetze in der Medizinforschung untersucht. In Zusammenarbeit mit den Instituten für Neuroendokrinologie und Psychiatrie wurden am Körper getragene Sensornetze zur Messung der Temperaturverteilung entwickelt, um den Einfluss von Schlafentzug und anderen Belastungssituationen auf Körperfunktionen in Langzeitexperimenten messbar zu machen. Dieses System wurde später auch während des 5. Stadtwerke Lübeck Marathons im Rahmen der „Stadt der Wissenschaft" an mehreren Läufern erprobt (Abb. 9).

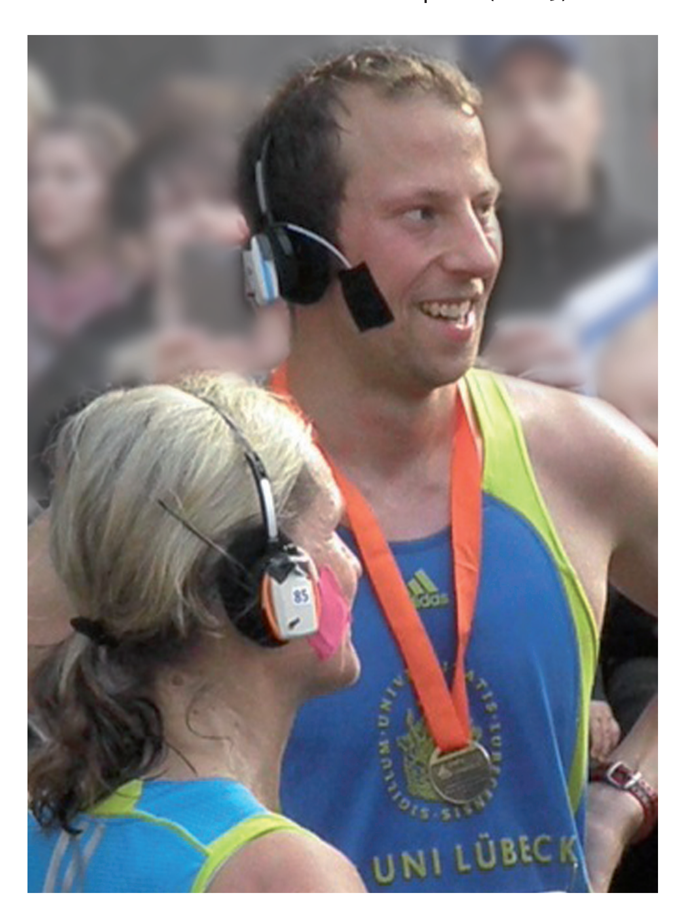


Abb. 9: *Am Körper getragene Sensornetze zur Überwachung von Körperfunktionen, hier beim 5. Stadtwerke Lübeck Marathon 2012.*

Eine zweite durch die Arbeitsgruppe untersuchte Anwendungsdomäne ist die Überwachung von Brückenbauwerken mittels drahtlosen Sensornetzen. Insbesondere soll der Einfluss von Umgebungsbedingungen und Verkehr auf die zahllosen Schäden an vielen Brücken kontinuierlich gemessen werden, so dass der Schadzustand der Brücke jeder-

zeit entfernt abrufbar ist. Zu dieser Thematik wird ab 2012 das durch die Bundesanstalt für Straßenwesen geförderte Projekt „iBAST" durchgeführt.

Derartige Anwendungen erfordern eine hohe Verlässlichkeit der Systeme, welche durch störende Umgebungseinflüsse wie hohe Temperaturschwankungen oder Störung der Funkübertragung nur sehr schwer zu gewährleisten ist. Prof. Römer koordiniert ab 2012 das EU-Projekt „RELYonIT" zu dieser Thematik, welches Konzepte und Werkzeuge untersucht, um aufgrund von Umgebungsmodellen bestimmte Garantien zur Leistungsfähigkeit drahtlos vernetzter eingebetteter Systeme geben zu können.

In zwei weiteren EU-geförderten Projekten „SPITFIRE" und „makeSense" und dem durch das BMBF geförderten Projekt „Real-World G-LAB" untersuchte die Arbeitsgruppe ab 2010 neuartige Programmiermodelle und Dienstinfrastrukturen, um die Entwicklung vernetzter eingebetteter Systeme einfacher und damit weniger fehleranfällig zu gestalten. Dies ist nicht nur deshalb eine Herausforderung, weil solche Systeme aus Hunderten oder gar Tausenden Knoten bestehen können, sondern weil diese zunehmend auch mit Anwendungen im Internet verknüpft werden und die Entwicklungsmethodik für eingebettete Systeme und internetbasierte Anwendungen sich bisher stark unterscheiden. Insbesondere die im Rahmen des Projektes „SPITFIRE" erzielten Ergebnisse wurden mehrfach ausgezeichnet – unter anderem bei der „Internet of Things Challenge 2012" und bei der „Future Internet Assembly 2013".

2. Lehre

In der Lehre deckt das ITI Hardware und hardwarenahe Software von Computersystemen ab. Dies beinhaltete im Diplomstudiengang eine Vorlesung über „Grundlagen der Technischen Informatik" mit Praktikum im Grundstudium, Pflichtvorlesungen über „Rechnerarchitektur", „Elektrizitätslehre", „Elektronik und Mikrosystemtechnik" im Hauptstudium sowie vertiefende Veranstaltungen z. B. über „Zuverlässigkeit von Rechensystemen", „Parallelrechnerarchitekturen", „Systemarchitekturen für Multimedia" oder „Fuzzy und Neuro-Fuzzy-Systeme". Unter dem Dekanat von Prof. Maehle wurde 2000 das Bachelor-/Masterprogramm in Informatik neu eingeführt und 2004 auf seine Initiative das neue Anwendungsfach „Robotik und Automation" eingerichtet, für das er seitdem als Koordinator zuständig ist. Damit sind als weitere Pflichtveranstaltungen „Eingebettete Systeme" und die „Einführung in die Robotik und Automation" im Bachelor sowie „Echtzeitsysteme", „Mobile Roboter" und „Hardware/Software Co-Design" im Master hinzugekommen. Als Wahlpflichtfach im Bachelor wurde „Computerunterstützter Schaltungsentwurf" zusätzlich eingeführt. Das ITI bietet ferner im Master federführend den Vertiefungsblock „Organic Computing" an, mit einer vertiefenden Vorlesung „Organic Computing", einem Seminar und einem Praktikum zu dieser Thematik sowie weiteren Wahlpflichtvorlesungen „Drahtlose Sensornetze" und „Ubiquitous Computing". Die Veranstaltungen des ITI sind teilweise auch in den Studiengängen „Medizinische Ingenieurwissenschaften" und „Medizinische Informatik" Pflicht oder Wahlpflicht.

Außerdem werden aktuelle Themen in Seminaren vertieft und praktische Kenntnisse in Projektpraktika z. B. über Eingebettete Systeme oder Mobile Roboter vermittelt. Hiermit werden nicht nur Beiträge zur aktuellen Forschung geleistet, sondern auch Studierende und sogar Schülerinnen und Schüler zu interdisziplinärer Teamarbeit in anspruchsvollen technischen Projekten angeleitet. Zum Beispiel wurden am ITI der Informatik-Grundkurs des Lübecker Katharineums oder Schüler-Praktikanten schon erfolgreich in die Programmierung einfacher mobiler Roboter eingeführt sowie mehrfach eine Schülergruppe im Informatik-Summer Camp betreut.

3. Ausblick

Die stürmische Entwicklung der Hardware folgte in der Vergangenheit dem Moore'schen Gesetz, nach dem eine Verdoppelung der Rechenleistung von Halbleiterchips ca. alle 18 bis 24 Monate stattfindet. Nach einhelliger Expertenmeinung wird dieses exponentielle Wachstum auch die nächsten Jahre anhalten. Damit wird es möglich werden, immer komplexere Funktionen auf kleinstem Raum kostengünstig zu realisieren.

Dadurch werden vernetzte eingebettete Systeme noch stärker als heute unsere Alltagsumgebung durchdringen und Funktionen von hoher gesellschaftlicher Bedeutung bereitstellen. Aktuelle Schlagworte wie ‚Smart Cities' oder ‚Smart Grid' untermauern diesen Trend. Es wird daher zunehmend wichtig, die Komplexität global vernetzter eingebetteter Systeme besser zu beherrschen sowie deren Verlässlichkeit und Sicherheit zu gewährleisten.

Die mobile Robotik steht erst am Anfang ihrer weitverbreiteten kommerziellen Nutzung. Erstes Indiz hierfür sind die bereits millionenfach eingesetzten Staubsauger- oder Rasenmähroboter, die allerdings bisher nur ein recht einfaches, reaktives Verhalten aufweisen. Neuartige Sensoren wie kostengünstige 3D-Kameras, fortgeschrittene Algorithmen wie z. B. visuelle SLAM-Verfahren zur Selbstlokalisation und hohe energieeffiziente Rechenleistung durch parallele Rechnerarchitekturen wie Multi/Manycore-Prozessoren eröffnen hier neue Möglichkeiten und vielfältige neue Anwendungsfelder sowohl im privaten als auch industriellen Bereich. Die Robotik wird damit voraussichtlich eine ähnliche Umwälzung unserer Gesellschaft bewirken, wie es der PC oder das Internet bisher schon getan haben.

Die Technische Informatik als eine der Kerndisziplinen der Informatik wird bei all diesen Entwicklungen eine zentrale und tragende Rolle spielen. Forschung und Lehre am ITI werden daher auch in Zukunft von höchster Relevanz sein.

Institut für Telematik (ITM)

http://www.itm.uni-luebeck.de

Stefan Fischer, Dieter Hogrefe, Andreas Schrader

1. Anfänge des Instituts

Das Institut für Telematik (ITM) war von Anfang an als eines der Kerninstitute der Lübecker Informatik vorgesehen. Der Begriff „Telematik", der im allgemeinen Sprachgebrauch oft als „Computer im Straßenverkehr" interpretiert wird, meint in der akademischen Welt in Deutschland eher die Kombination von Telekommunikation und Informatik, sprich, die Vernetzung von Computern jeglicher Art. Während typische Institute und Lehrstühle dieser Thematik eher den Namen „Rechnernetze" tragen, verdankt das ITM seinen Namen dem Gründervater der deutschen Telematik, Prof. Gerhard Krüger von der Uni Karlsruhe. Er selbst hatte in Karlsruhe 1982 das erste Institut für Telematik gegründet und war dann von der schleswig-holsteinischen Landesregierung in den Beirat berufen worden, der die Gründung der Lübecker Informatik begleiten sollte. Dort setzte er sich massiv für die Einrichtung eines entsprechenden Instituts ein.

Nachdem dann durch die Berufung von Siegfried Pöppl der Gründungsdekan installiert war und die Kollegen Linnemann, Reischuk und Maehle für die drei Kerngebiete praktische, theoretische und technische Informatik berufen waren, stand als nächstes die Telematik auf der Liste.

2. Die Gründerzeit: Dieter Hogrefe, 1996 bis 2002

(geschrieben von Dieter Hogrefe)

Als ich 1993 den Ruf nach Lübeck erhielt, hatte ich bereits eine Professur an der Universität in Bern inne, damals hieß das noch Ordinarius. Von den Bergen an die Ostsee, beides Orte, wo andere Ferien machen, aber durchaus sehr unterschiedlich. Man kann sich vorstellen, dass sich meine Familie und ich ausgesprochen schwer getan haben mit der Entscheidung. Zwei meiner Kinder wurden in Bern geboren und der Älteste ging bereits in die erste Klasse in der Schule. Diejenigen, die damals schon in Lübeck waren, z.B. Kollege Pöppl, oder ebenfalls zu der Zeit berufen wurden, z.B. Kollegen Linnemann und Reischuk, können sich sicher noch daran erinnern, dass ich damals gewisse Entscheidungsschwierigkeiten hatte, mich mehrfach umentschied. Die Kollegen waren darüber zu Recht wenig amüsiert, und ich bitte hiermit nachträglich um Entschuldigung. Die Sache hatte in der Tat lange Zeit Kantenlage und jeder, der schon einmal in ähnlicher Situation war, weiß, wie schwer das sein kann. Hier die schöne Schweiz, für viele Wissenschaftler das gelobte Land, eine funktionierende Informatik, dort ein Neuanfang, ein Abenteuer, eine Herausforderung, und ich muss sagen, ein tolles Ausstattungsangebot. Man macht +/- Listen, hat abendfüllende Diskussionen mit der Familie, recherchiert, erwägt, überlegt, aber man kommt nicht weiter. Wenn man sich einen Tag zu etwas durchgerungen hat, zweifelt man am nächsten Tag, ob es richtig ist. Es hilft nichts, man sehnt sich nach einer Eingebung. Etwas, das einem die Entscheidung abnimmt.



Abb. 1: *Kaffeesahne, die ich zufällig während der heißen Phase der Berufungsverhandlungen 1994/95 bei meinem Lieblingsitaliener in Bern zu meinem Kaffee erhielt*

Die Eingebung kam gegen Mitte 1995, an das genaue Datum kann ich mich nicht mehr erinnern. Ich sitze nichtsahnend mit Freunden beim Italiener, wir bestellen wie üblich einen Kaffee nach dem Essen und ich erhielt zufällig vom Kellner die in Abb. 1 abgebildete Kaffeesahne. Das ist hier kein Witz und auch nachweislich keine Manipulation gewesen, man hätte ja auch meinen können, man wolle mich loswerden, nein, es war wirklich reiner Zufall. Die anderen am Tisch bekamen völlig andere Motive, Paris, Bologna, Barcelona, Malmö.

Die Entscheidung habe ich nie bereut, wir hatten eine

tolle Zeit in Lübeck, sowohl beruflich als auch privat. Dass ich dann doch 6 Jahre später noch einmal einem Ruf gefolgt bin, nach Göttingen, liegt wohl eher daran, dass man sich mit Anfang 40 noch nicht zu alt fühlt, noch einmal einer neuen Herausforderung zu folgen, sich auf ein neues Abenteuer einzulassen und auch daran, dass sowohl meine Frau als auch ich gebürtige Göttinger sind. Jedoch ist uns auch diese Entscheidung sehr schwer gefallen, aber das ist eine andere Geschichte.

Gern denke ich an meine Zeit in Lübeck zurück, es ist toll, was dort in den 20 Jahren erreicht wurde und möchte auf diesem Wege meinen Nachfolger Kollege Stefan Fischer und alle anderen Kollegen herzlich grüßen und meine Glückwünsche zum Jubiläum übermitteln.

3. Der Neuaufbau: Stefan Fischer, 2004 – heute

(geschrieben von Stefan Fischer)

Nach Dieter Hogrefes Weggang war das Institut eine ganze Weile verweist. Das lag vor allem daran, dass zumindest ein Teil der Kollegen bei der Neuberufung nicht ganz zufrieden mit der Bewerberlage war, so dass es längere Diskussionen darüber gab, wie es mit dem Institut weitergehen sollte. Schließlich entschloss man sich im Winter 2003/2004, das Bewerberfeld des laufenden Verfahrens, in dem auch schon einige Vorträge stattgefunden hatten, durch explizites Ansprechen weiterer Kandidaten zu ergänzen. Einer dieser Kandidaten war ich. Ich meine, es wäre im Februar 2004 gewesen, dass Rüdiger Reischuk, damals Dekan, mich in meinem Büro an meiner damaligen Uni, der TU Braunschweig, anrief und mir die Situation schilderte. Er hatte damals bei seinem guten Bekannten Wolfgang Effelsberg, in Personalunion mein Doktorvater, angerufen und ihn nach möglichen Kandidaten gefragt – dankenswerterweise hatte Wolfgang meinen Namen genannt. Kurz nach dem Anruf erhielt ich eine Einladung zum Vorstellungsvortrag, und danach ging eigentlich alles ganz schnell – im November 2004 fing ich als neuer Institutsdirektor am ITM an. Infrastruktur und personelle Ausstattung waren überschaubar, um genau zu sein, praktisch nicht vorhanden. Da das Semester schon angefangen hatte, musste ich mit der Sekretärin des damaligen Studiendekans Bernd Fischer, Birgit Schneider, eine Lücke im Stundenplan finden, in die wir die „Info 3"-Vorlesung einbauen konnten. Es wurde Dienstag von 18 bis 20 Uhr, was zunächst „nur so mittel" klang, sich aber schnell als Glücksgriff herausstellte: wir, die Studierenden und ich, wurden fast so etwas wie eine verschworene Gemeinschaft, die ein sehr angenehmes Semester miteinander verbrachte.

Mittlerweile waren auch meine Mitarbeiter Christian Werner (heute als Dr. C.W. Leiter der IT des Bundesamts für Strahlenschutz) und Carsten Buschmann (heute ebenfalls promoviert als Geschäftsführer eines aufstrebenden Unternehmens der IT-Branche) aus Braunschweig nachgekommen, so dass wir an den Bezug der Büros im damals noch ganz frischen Gebäude 64 gehen konnten. Kurz danach fing dann auch die neue Institutssekretärin an – keine andere als die oben schon erwähnte Birgit Schneider, die mir in den ersten Wochen schon so nett geholfen hatte.

Erfreulicherweise konnte ich auch einige Projekte aus Braunschweig mitnehmen, so dass unsere Arbeitsgruppe recht schnell zu einer beachtlichen Größe anwuchs. Abb. 2 zeigt unser erstes offizielles Institutsfoto, was wir am Tag meiner Antrittsvorlesung am 24.1.2006 aufnahmen. Man sieht auf dem Foto bei dem einen oder der anderen, dass dies an einem der kältesten Tage dieses Winters in Lübeck stattfand …



Abb. 2: *Das erste Institutsfoto*

Neben den Projekten nahm ich vor allem auch eine Vielzahl von Beziehungen zu Kollegen mit nach Lübeck – besonders erwähnt seien Sandor Fekete aus Braunschweig, mit dem das ITM in den folgenden Jahren eine wirkliche Vielzahl von Forschungsprojekten bei DFG, BMBF und EU einwarb und umsetzte, und natürlich mein Freund Norbert Luttenberger aus Kiel, dem ich mit dem Umzug nach Lübeck nun erheblich näher gekommen war, und mit dem zusammen wir im SWARMS-Projekt die Grundlage für sehr viele Arbeiten auf dem Gebiet der Sensornetze gelegt haben.

Überhaupt, die Drittmittelprojekte: etwas, mit dem sich das ITM schon von Anfang an immer sehr intensiv beschäftigt hat. Seit einigen Jahren hat das Institut regelmäßig über 20 Mitarbeiter, die sich mit den verschiedensten Themen rund um Sensornetze, Ambient Computing, Softwarearchitekturen für verteilte Systeme, etc. beschäftigen. Die meis-

ten Projekte haben einen praktischen Anteil; Demos und Umsetzungen in der realen Welt gehören zum täglichen Geschäft des Instituts. Zu den spannendsten Arbeiten gehörten sicher die Aktivitäten in FlegSenS und MarathonNet. In FlegSenS (s. Abb. 3) wurden mit der Uni Karlsruhe Protokolle für Sensornetze entwickelt, mit denen man grüne Grenzen überwachen kann. Das musste natürlich in der Praxis erprobt werden: im Carlebachpark des Lübecker Hochschulstadtteils wurde ein großes Sensornetz aufgebaut und tagelang erprobt.



Abb. 3: *Ein typisches Projektfoto des ITM (FlegSenS, 2009)*



Abb. 4: *MarathonNet-Einsatz in Flensburg (2006)*

Im Projekt MarathonNet, gefördert von der Heidelberger Klaus-Tschira-Stiftung und initiiert von den zahllosen Marathonläufern unter den Mitarbeitern des Instituts, wurde eine Art Pulsuhr entwickelt, die mit Pulsuhren anderer Läufer sowie mit IT-Infrastruktur am Straßenrand kommunizieren kann (s. die Hand des rechten Läufers in Abb. 4). Auch dieses Projekt wurde mehrfach in der Praxis erprobt, u.a. beim Flensburgerer Marathon sowie beim Ratzeburger Adventslauf. In Flensburg waren mehr als 70 Läufer mit dem ITM-Gerät ausgestattet.

Selbstverständlich entstanden in dieser Zeit auch einige Promotionen, die am ITM immer nach einem fest vorgegebenen Ritus begangen werden. Der eigentlichen Prüfung folgt das gemeinsame Anstoßen aller Beteiligten, das Singen eines selbstgedichteten Liedes und das Ziehen des Kandidaten (durch die Prüfer) in einem selbstgebauten Festwagen über den Campus. Abb. 5 zeigt Christian Werner kurz nach dem Lied und kurz vor der Wagentour.

Auch zur jetzigen 20-Jahrfeier der Informatik gibt es vielfältige Aktivitäten am ITM, in Forschung wie in Lehre, aber auch im „gesellschaftlichen" Bereich. Abb. 6 zeigt die Besetzung aus dem Jahr 2012 beim Abschied der langjährigen Institutssekretärin Birgit Schneider.



Abb. 5: *Typische Promotionsfeierlichkeiten am ITM*

4. Der Ausbau: Andreas Schrader, 2009 – heute

(geschrieben von Andreas Schrader)

Ich erinnere mich noch gut an meine erste Begegnung mit Stefan Fischer am 20. Juli 2001 in Heidelberg. Damals war ich Senior Research Staff Member und Head of the Internet Services Group oder auf Deutsch: ich teilte mir mein Büro mit zwei Freunden und musste immer als Erster berichten, wenn wir wieder eine verrückte Idee hatten und Budget brauchten. Womit alles Notwendige über die Internationalisierung von Tätigkeitsbezeichnungen in der Industrie gesagt ist. Aber es waren die heißen Jahre des Telekom-Hypes und wir spürten an jeder Ecke den Wind der schönen neuen Internet-Medienwelt wehen. Das waren die Jahre, in denen wir in London die erste Europäische IP-Telephony-Verbindung über UMTS gestartet haben.

Stefan (damals noch mit einer Professur in Bruchsal) wurde uns als Experte für mobile kontext-sensitive Systeme vorgestellt. Er berichtete über das LocaPhone-System als Gruppen-Navigationssystem für Mobiltelefone mit einer Beispielanwendung im Heidelberger Schlosspark. Sehr beeindruckend! Vor allem, weil es damals eigentlich noch gar keine sinnvollen Mobiltelefone gab. Der damalige Institutsleiter gab mir den Auftrag, eine Idee für ein gemeinsames Projekt zu entwickeln. Stefan kam uns zuvor und schickte seine Vorstellungen (am 9.10.2001 um 17:09:05, mein Backup-System funktioniert hervorragend!) Ich hab' den Vorschlag zur Diskussion an meinen damaligen Kollegen Darren Carlson geschickt (ich erwähne das nur deshalb, weil Darren viele Jahre später auch Mitarbeiter am ITM wurde und dort seine Doktorarbeit erfolgreich bearbeitet hat. Inzwischen hat er eine PostDoc-Stelle in Singapur). Wir fanden die Idee gut, aber leider gingen uns die Budgets aus und so wurde nichts aus dem ersten gemeinsamen Projekt.

Die zweite Begegnung mit Stefan hatte ich am 28. März 2003 in Dagstuhl. Hier wurde der Arbeitskreis SNACS (Self-Organizing Networks and Adaptive Communication Systems) von Inhabern relevanter Lehrstühle in den Bereichen Rechnernetze und Verteilte Systeme gegründet. Zu dieser Zeit hatte ich gerade erfolgreich meine letzten Drittmittel in der Industrie eingeworben (EU-Projekt Ambient Networks – Der Begriff Ambient taucht zum ersten Mal auf, allerdings mit einer ganz anderen Bedeutung). Da ich gleichzeitig an der Universität Karlsruhe als Gastdozent tätig war und die SNACS-Gruppe für den Bereich Lehre eine gemeinsame Datenbank mit Lehrmaterial anlegen wollte, kam mir dies sehr gelegen. Was soll ich sagen, auch dieses Projekt ist leider eingeschlafen.

Die dritte Begegnung mit Stefan hatte ich rein zufällig 2004 in der Lübecker Altstadt. Im Oktober 2003 hatte ich an der ISNM - International School of New Media, einem An-Institut der Universität, eine Professur für Medientechnik und Computernetze angenommen. Stefan wollte in Kürze die Leitung des ITM übernehmen. Kurz darauf haben wir uns mit versammelten Mannschaften aus ITM und ISNM in den MediaDocks im alten Lübecker Hafen zusammengesetzt und über Kooperation nachgedacht. Was soll ich sagen, es waren die Zeiten des Aufbaus an der ISNM mit eigener Forschungsagenda und einem neuen Studiengang. Stefan ging es wohl ähnlich, so wurde schon zum dritten Mal nichts mit der Zusammenarbeit.

Aber aller guten Dinge sind ja vier. Als wir 2009 im Rahmen meiner Stiftungsprofessur der Possehlstiftung in Lübeck in Haus 21 auf den Uni-Campus umgezogen sind, haben wir uns nun aber mal so richtig und wirklich ernsthaft zusammengesetzt und zusammen mit weiteren Partnern



Abb. 6: *Gruppenfoto 2012*

aus Lübeck einen BMBF-Antrag geschrieben. Der wurde prompt angenommen und nun hatten wir keine Ausreden mehr. Als ich dann 2010 auch noch den Ruf auf die Professur Ambient Computing an der Universität zu Lübeck erhalten habe, haben wir gemeinsam die Arbeitsgruppe gleichen Namens im ITM eingerichtet und seitdem gedeiht unsere Zusammenarbeit bestens!

So haben sich unsere Wege mehrfach in verschlungenen Wegen gekreuzt. Ich bin gespannt, wo ich Stefan als Nächstes begegne. Wahrscheinlich morgen früh an der Espresso-Maschine des Instituts.

5. Ausblick

Wir sind uns sicher, dass das Institut für die kommenden Jahre gut aufgestellt ist. Strategisch wird sich das ITM in den kommenden Jahren verstärkt ins Zentrum der Aktivitäten der gesamten Universität zu Lübeck bewegen. Die AG Ambient Computing von Andreas Schrader ist bereits Mitglied des Zentrums für Bevölkerungsmedizin und Versorgungsforschung und damit schon gut in die medizinisch orientierte Forschung eingebunden. Die Gruppe von Stefan Fischer ist ebenfalls seit einiger Zeit in diesem Bereich sehr aktiv; so arbeiten etwa mehrere Mitarbeiter gemeinsam mit medizintechnischen Unternehmen der Umgebung an einer sicheren und dynamischen Vernetzung von Geräten im OP. Generell wird das Thema „Internet der Dinge“, das bei beiden Gruppen den Hintergrund der Aktivitäten bildet, sicherlich in den nächsten Jahren vorherrschend bleiben. Absehbar ist hier eine weiter zunehmende Miniaturisierung bei gleichzeitig ebenfalls zunehmender Vernetzung. Während Vernetzung am und um den menschlichen Körper herum schon seit längerem ein Thema der Forschung ist, wird es auch immer realistischer, sich mit der Verwendung von Kleinstrechnern im Körper zu beschäftigen. Damit wird auch deren Kommunikation interessant. Das ITM wird sich in den kommenden Jahren verstärkt mit diesem Thema beschäftigen.

6. Das Institut in der Lehre

In der Lehre ist das Institut für Telematik sowohl im Kernbereich der Informatik – hier vor allem Praktische und Technische Informatik – aktiv als auch in diversen Neben- und Anwendungsfächern. Im Kernbereich bieten wir im Bachelor vor allem die großen Vorlesungen zu Rechnernetzen und Betriebssystemen an und vor allem die Programmieren-Vorlesung, an der jedes Jahr 300 Hörer aus allen Studiengängen teilnehmen. Daneben sind wir für die Abdeckung der eher technischen Aspekte des Anwendungsfachs Multimedia zuständig; auch zur IT-Sicherheit leisten wir unsere Beiträge. Zu diesen Angeboten kommt im Master noch der Schwerpunkt Software Systems Engineering hinzu sowie die Beteiligung an mehreren Vertiefungsblöcken, in denen wir die Studierenden an unsere Forschungsthemen heranführen. Während dieser Beitrag geschrieben wird, diskutiert die Informatik über die Neuausrichtung der Bachelor- und Masterprogramme; die Telematik beteiligt sich intensiv an der Neuausrichtung insbesondere des Masterprogramms und wird weiterhin bei den Kernangeboten eine große Rolle spielen.

7. Für’s Protokoll

Am ITM gab es natürlich in den vergangenen Jahren viel mehr Aktivitäten als das, was wir oben in unseren eher persönlich geprägten Berichten anreißen konnten. Wir wollen deshalb im Folgenden noch einmal kurz die wichtigsten Erfolge der letzten knapp zehn Jahre zusammenfassen:

- Es konnten insgesamt ca. 5 Millionen Euro an Drittmitteln eingeworben werden. In der Anfangszeit waren dies vor allem Mittel aus DFG-Projekten (insgesamt elf zweijährige Förderperioden, die meisten in Schwerpunktprogrammen), später dann verstärkt BMBF (vier)- und EU-Projekte (sechs). Außerdem konnte das Institut eine größere Zahl von landesgeförderten Projekten einwerben.

- Neben dem zweifelsohne wichtigen Input gab es auch reichlich Output. Mittlerweile hat das Institut weit über hundert Publikationen vorzuweisen, es hat mehrere Preise insbesondere für „Best Papers“ und „Best Demos“ gewonnen. Nicht zu vergessen auch die beiden Transferprämien der Innovationsstiftung Schleswig-Holstein 2010 und 2012, mit denen die Aktivitäten im Wissenstransfer in die Industrie gewürdigt wurden.

- Und schließlich natürlich die erfolgreiche Nachwuchsförderung: ein gutes Dutzend von Doktoranden hat in den letzten zehn Jahren am ITM seinen jeweiligen Doktortitel erworben. Während der größere Teil von ihnen in die Industrie wechselte, haben auch einige die akademische Karriere eingeschlagen und sind mittlerweile Professor an einer Hochschule (insgesamt vier Absolventen).

Detaillierte Beschreibungen unserer Aktivitäten finden sich unter http://www.itm.uni-luebeck.de und http://www.ambient.uni-luebeck.de

Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen (ISP)

http://www.isp.uni-luebeck.de

Martin Leucker, Annette Stümpel

Im November 1996 nahm das Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen (ISP) mit dem Dienstantritt von Prof. Dr. rer. nat. Walter Dosch seinen Anfang. Als Nachfolger übernahm Prof. Dr. rer. nat. Martin Leucker im August 2010 die Leitung des Instituts.

1. Menschen, Räume, Erfahrungen und Eindrücke

Der Aufbau des Instituts für Softwaretechnik und Programmiersprachen wurde von Prof. Dosch geleistet. Vom Studium her war er Mathematik- und Physiklehrer. Es hielt ihn aber nur kurze Zeit als Studienrat am Gymnasium. Stattdessen ging er als Assistent an den Lehrstuhl von Prof. Friedrich L. Bauer (Programmierung und Programmiersprachen) an der TU München, promovierte dort über den getypten Lambda-Kalkül und wechselte zum Lehrstuhl von Prof. Wilfried Brauer (Theoretische Informatik und Grundlagen der KI). Im folgenden Jahr, 1988, erhielt er eine Professur an der Universität Augsburg für Theoretische Informatik und Grundlagen der KI, ursprünglich noch am Institut für Mathematik. 1996 war er dort Gründungsprofessor des Instituts für Informatik.

Eine der ersten wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen war ich, Annette Stümpel. Meine Zeit am ISP begann im September 1997. Vorher hatte ich mein Diplom in Informatik an der Universität Hildesheim gemacht und war dort übergangsweise einige Monate wissenschaftliche Mitarbeiterin. Ich wechselte damit von einer Informatik, die leider in der Schließung begriffen war, in eine Informatik, die gerade neu aufgebaut wurde.

Man merkte sehr schnell, was es bedeutete, an einer Medizinischen Universität mit einer recht jungen Informatik zu arbeiten. So stand in meinem Arbeitsvertrag als wissenschaftliche Mitarbeiterin: "Weiterhin besteht die Verpflichtung zur Mitwirkung in der Krankenversorgung, ... ". Zum Glück ist im Laufe der Jahre nie jemand auf diesen Passus zurückgekommen. Gleich in den ersten Arbeitstagen musste man sich einer sehr gründlichen Untersuchung beim betriebsärztlichen Dienst unterziehen. Dabei konnte man umfangreiche, ansonsten kostenpflichtige Impfungen bekommen oder die Mediziner überreden, diese Impfungen solange zu vertagen, bis der erste Patientenkontakt ansteht. Als Programmkomiteemitglied von einer Medical University bekam Prof. Dosch mitunter Artikel zum Begutachten, die nicht zu seinem Profil passten, die aber irgendeinen Medizinbezug hatten, z.B. über Distance Learning für Krankenschwestern in Bangladesch.

Beim Vorstellungsgespräch im Sommer 1997 erzählte mir Prof. Dosch ganz optimistisch, dass wir in etwa zwei Jahren in den Informatik-Neubau ziehen werden. In der Zwischenzeit sollten wir im Technikzentrum an der Seelandstraße untergebracht sein. Prof. Dosch waren für diese Übergangszeit noch andere Räumlichkeiten angeboten worden, z.B. Kasernengebäude an der Schwartauer Allee, aber das hatte ihm alles nicht zugesagt.

Anfangs war das Institut zu Gast bei der Mathematik in der Seefahrtschule. Prof. Dosch hatte ein kleines Büro im Erdgeschoss. Außerdem hatte das ISP einen großen Raum für die Sekretärin, die Systemadministratorin und die drei wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bekommen. Die Konzentration auf einen einzigen Raum war in der damaligen Situation nicht ganz unpraktisch, zumal sich die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einen Rechner teilen mussten. So wuchsen wir sehr schnell und erfolgreich zu einem Team zusammen.

Im Oktober 1997 konnten wir in unser Übergangsquartier im Technikzentrum in der Seelandstraße jenseits der Trave einziehen: Gebäude 5, obere Etage, hinterer Teil. Das Sekretariat zog noch mit einem einzigen Ordner um. Die wesentlichen Möbel waren bis zu unserem Einzug geliefert. Als Rechner nutzten wir vorerst Macintoshs und nach einigen Monaten bekamen wir neue Workstations von Sun.

Zu den ersten beschafften Büchern gehörten neben den LaTeX-Standardwerken Bücher zu bestimmten Programmiersprachen und -techniken, zu algebraischer Spezifikation und formalen Methoden. Von den ersten Bürogeräten sind heute noch der Aktenvernichter und das Beschriftungssystem in Betrieb, die Schreibmaschine mit Komfortausstattung allerdings nicht mehr.

Im Dezember 1997 war das ISP-Team vorerst komplett: Sekretärin, Systemadministrator und vier wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, allesamt ganz frisch vom Studium der Informatik oder Mathematik an anderen Universitäten. Dieses erste Team blieb für ca. drei Jahre stabil.

Die Räumlichkeiten waren sehr großzügig, nur leider sehr weit weg vom Campus. So war mehrmals pro Woche Pendeln angesagt, z.B. für jede Lehrveranstaltung, Besprechungen und Sitzungen, sowie zu Einrichtungen der Universität wie der Zentralen Hochschulbibliothek. Nicht nur die Entfernung und ggf. die Parkplatzsuche waren ein Problem, sondern die Herrenbrücke, eine Klappbrücke, die mehrmals am Tag für lange Staus bei der Überquerung der Trave sorgte.



Abb. 1: *Das Start-Team des ISP aus 1997*

Neben zahlreichen Funktionen in der akademischen Selbstverwaltung der Universität war Prof. Dosch in der Zeit von 1998-2000 als Prodekan, von 2000-2002 als Dekan und 2002-2004 als Postdekan tätig. In dieser Zeit (10.01.2001) erfolgte die Zustimmung der Technischen-Naturwissenschaftlichen Fakultät zur Umbenennung der Medizinischen Universität zu Lübeck in Universität zu Lübeck.

Im Frühjahr 2004 fand der langersehnte Einzug in den Informatik-Neubau statt. Die letzte Hürde vor dem Einzug war, dass das ISP keine Telefone hatte, weil das ISP mit dem ISIP verwechselt worden war.

Im Oktober 2009 begann für Prof. Dosch die Freistellungsphase der Altersteilzeit. Damit übernahm Prof. Dr. Michael Herczeg vom Institut für Multimediale und Interaktive Systeme kommissarisch die Leitung des Instituts. Im Wintersemester 2009/10 übernahm die Juniorprofessorin Dr. Elke Pulvermüller von der Universität Osnabrück einige der Lehrveranstaltungen.

Im Juni 2010 hatte das ISP eine besonders herausfordernde Woche zu überstehen: Wegen eines Wasserschadens beim Bau der oberen Etagen auf Gebäude 64 hatte das ISP eine Woche lang keinen Strom.

Im August 2010 verstarb Prof. Dosch.

In diesem Monat übernahm ich, Martin Leucker, die Leitung des ISP. Ich erwarb an der RWTH Aachen mein Diplom in Mathematik, hatte aber zugleich einen Schwerpunkt in der Informatik gelegt. Im Bereich der Informatik promovierte ich dort anschließend am Lehrstuhl für Informatik II (Prof. Klaus Indermark) in der Gruppe „Modellierung nebenläufiger Systeme". Nach Forschungsaufenthalten an der University of Pennsylvania (USA) und der Uppsala Universitet (Schweden) ging ich an den Lehrstuhl für Software & Systems Engineering (Prof. Manfred Broy) der TU München, wo ich mich 2007 habilitierte.

Neben einigen neuen Schwerpunkten im Bereich der Verifikation wie Model-Checking, Runtime-Verification und Testen von Softwaresystemen brachte ich Doktoranden aus München und Stuttgart mit, die ich für den Norden begeistern konnte. Durch zusätzliche Einwerbung von Drittmitteln sind wir inzwischen auf ein Team von 11 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gewachsen.

Forschungsfragen lassen die Mitarbeiter auch auf den berühmt-berüchtigten Ausflügen des ISP nicht los. Z.B. warum haben wir als Fachleute für E-Mobilität nicht eine E-Draisine gebucht, wie geht man beim multimodalen Routing mit Schienenersatzverkehr und Fahrrädern um, warum enthalten die Ströme von oben Wasser statt Nachrichten? Wir haben Wismar mit der Insel Poel erwandert, haben uns die Wakenitz und den Ratzeburger See per Schiff und per Pedes angesehen, haben die Berge der Holsteinischen Schweiz mit dem Fahrrad überwunden, sind nach Mölln zum Rudern geradelt, haben viele Kilometer an der Lübecker Bucht zu Fuß zurückgelegt, haben den sechsten Kontinent (Fehmarn) mit dem Rad umrundet, haben die Wakenitz und ihre Ufer mit dem Kanu befahren, sind über den Osten nach Ratzeburg zum Draisinefahren geradelt, sind mit dem Rad über Berg und Tal nach Boltenhagen gefahren, haben Lübeck durch eine Wakenitzwanderung und eine Stadtführung bei eisig kaltem Winterwetter kennengelernt, haben Schlittschuhlau-



Abb. 2: *Das Team des ISP in 2005*

fen in Timmendorf mit der Marienkirche verbunden, haben bei Wind und Regen mit dem Kanu die Holsteinischen Seen bezwungen und sind über den Elbe-Lübeck-Kanal nach Ratzeburg zum Draisinefahren geradelt. Wenn möglich haben wir noch zusätzliche sportliche Aktivitäten eingebaut, wie z.B. Schwimmen, Volleyball und Fußball.

2. Forschung

Die Forschungsarbeit vom ISP ist immer von der Vision geprägt gewesen, zuverlässige Software von hoher Qualität zu entwickeln. Dafür werden formale Methoden entworfen, verbessert und angewendet. Unter Prof. Dosch lag der Fokus auf transformationeller Entwicklung. Prof. Leucker setzt neue Schwerpunkte bei der Verifikation mit Model Checking, Testen und Runtime Verification.

Die Forschungsaktiviäten am ISP werden in Form von verschiedenen Projekten durchgeführt. Darüber hinaus ist mit der Christian-Albrechts-Universität Kiel der Kompetenzverbund Software-Systems-Engineering (KoSSE) gegründet worden, der die Softwaretechnik-Kompetenzen beider Universitäten bündelt. Prof. Leucker ist KoSSE-Sprecher auf Seiten der Universität zu Lübeck.

Im Folgenden wird eine Auswahl an früheren und aktuellen Projekten und Themen gegeben, die die Forschungsfragestellungen, die am ISP untersucht werden, verdeutlichen.

Werkzeuge zur Programmvisualisierung
Um angehenden Softwareentwicklern zu verdeutlichen, welche Ausführungsmodelle hinter Programmen in den gängigen Programmierparadigmen stehen können, wurden Werkzeuge zur Visualisierung der Ausführung solcher Programme entwickelt: für die Kellermaschine, die Formularmaschine, die Objektmaschine und ein Stromsimulator.

Deduktiver Entwurf paralleler Soft- und Hardwaresysteme
Für den systematischen Entwurf paralleler Software- und Hardwaresysteme sollten formale Methoden entwickelt werden. Im Fokus stand dabei die funktionale Modellierung und der deduktive Entwurf von Schaltnetzen und Schaltwerken.

Parallele Programmierung: Sprachkonzepte, Entwurfsmethoden und effiziente Übersetzung
Die Programmierung paralleler Systeme stellt besondere Anforderungen an Entwurfsmethodik und Übersetzung, da komplexe Aufgaben zunächst in unabhängig zu bearbeitende Teilaufgaben zerlegt, die Daten zwischen Teilberechnungen kommuniziert und die Berechnungsabläufe synchronisiert werden müssen. Für dieses Projekt wurde der Parallelrechner Mayflower genutzt, der zusammen mit den Instituten für Medizinische Informatik, Technische Informatik und Theoretische Informatik angeschafft wurde. Die Programmiersprache SAC (Single Assignment C) erleichtert die Programmierung paralleler Systeme für rechenintensive Anwendungen. Sie unterstützt die funktionale Beschreibung von Algorithmen für mehrdimensionale Felder auf einem problemorientierten Abstraktionsniveau. Ein optimierender Übersetzer erzeugt daraus an die ausführende Zielmaschine angepassten effizienten Code. Davon inspiriert wurde die Programmiersprache Qube entwickelt, die dependent types verwendet, um Array-Programme sicherer und effizienter zu machen.

Kommunikationsorientierte Entwurfsmethoden
In einem verteilten System kommunizieren die Komponenten durch Austausch von Nachrichten. Das Ein-/Ausgabeverhalten einer Komponente bildet Ströme von Eingabenachrichten auf Ströme von Ausgabenachrichten ab. Der systematische Entwurf interaktiver Komponenten basiert auf der Verfeinerung der Kommunikation, der Schnittstelle, des Zustandes und der Architektur. Einen ersten Schwerpunkt bildete der Zusammenhang von kommunikations- und zustandsbasierter Modellierung sowie der Übergang von zeitfreien zu zeitbehafteten Systemen. Als praktische Anwendungen wurden verschiedene Speicher-, Verarbeitungs-, Übertragungs- und Kontrollkomponenten entworfen. Ein neuer Schwerpunkt besteht in der Untersuchung von Kommunikationsmustern, die sowohl die Architekturmuster als auch Interaktionsmuster einbezieht.

Integration objektorientierter Entwurfstechniken
Objektorientierte Analyse- und Entwurfstechniken finden bei der Softwareerstellung weite Verbreitung, ohne dass die Grundlagen bisher ausgereift waren. Die vorrangig diagrammorientierten Beschreibungen graphischer Modellierungssprachen wie UML mussten durch semantische Konzepte fundiert werden. Ein Schwerpunkt lag auf der Integration der durch die Klassenhierarchie bestimmten statischen Objektstruktur, des durch Sequenzdiagramme festgelegten Kommunikationsverhaltens und des durch Zustandsübergangsdiagramme beschriebenen Transitionsverhaltens. Eine besondere Herausforderung bildeten abstrakte Softwarearchitekturen und die im Entwurf auftretenden partiellen Beschreibungen.

Fortgeschrittene Werkzeuge der Programmentwicklung
Die rechnergestützte Entwicklung nachweisbar korrekter Programme steckte noch in den Anfängen. Für eingeschränkte Teilgebiete wie Verifikation oder Model Checking gab es leistungsfähige Werkzeuge mit gutem Automatisierungsgrad. Die interaktive Synthese eines Programms aus einer Spezifikation verfolgt jedoch andere Zielsetzungen. Der implementierte Prototyp des Lübecker Transformationssystems LTS unterstützt die schrittweise Umformung algebraischer Spezifikationen in algorithmische Fassungen, die dann zur Ausführung in eine funktionale Programmiersprache übersetzt werden.

Decision Support
In dem Forschungsprojekt wurden praxisorientierte Werkzeuge zur Entscheidungsfindung in komplexen Situationen entwickelt. Das Werkzeug DECISIVE unterstützt die Wissensmodellierung, die Ursachen-Wirkungsanalyse und System Dynamics. Die Entscheidungsfindung wird durchgängig von der Problemerkundung bis zur Präsentation der Simulationsergebnisse begleitet. Zugleich wurde mit Partnern aus der baltischen Region ein thematisches Netzwerk zur Modellierung komplexer Systeme mit Anwendung im Bereich Logistik, Planung und Technik aufgebaut. Dieses Projekt führte zur Ausgründung des Unternehmens Consideo.

Qualifizierung von Studienanfängerinnen und -anfängern
Die Studierenden und die Lehre hatten für Prof. Dosch immer sehr hohe Priorität. Er freute sich riesig über seinen „Heliprof"(ein Wanderpokal), der ihm im Jahr 2000 und 2001 zusammen mit Prof. B. Fischer verliehen wurde. Der Titel des „Heliprof" wird jährlich von den Studierenden der MINT-Studiengänge verliehen und zeichnet den beliebtesten Dozenten aus, der ihrer Meinung nach die beste Lehre macht, sich besonders für die Studierenden eingesetzt oder die Studierenden in ihrem bisherigen Studienverlauf entscheidend geprägt hat. Prof. Dosch engagierte sich auch als Beauftragter für Gymnasien und Lehrerfortbildung in umliegenden Schulen in der Zeit von 1997-1999. Seit 1998 bot das ISP mehrmals im Jahr Lehrerfortbildungen an.

Das zwischen 2004 und 2007 aus dem Hochschul- und Wissenschaftsprogramm geförderte Projekt zur Qualifizierung von Studienanfängerinnen und –anfängern hatte zum Ziel, Schülerinnen und Schülern des Gymnasiums Inhalte und Perspektiven des Informatikstudiums vorzustellen und sie durch einwöchige Summercamps (Abb. 3), dreitägige Informatiktage in den Oster- oder Herbstferien, Tagesveranstaltungen wie dem Girls'Day und Kursbesuche für das Studienfach Informatik zu qualifizieren. Ein weiterer Bestandteil des Projekts waren ein- und mehrtägige Angebote für die Lehrerfortbildung im Fach Informatik und die Erstellung bzw. Überarbeitung von Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II. Einige der Teilnehmer sind heute Doktoranden in der Informatik an der Universität zu Lübeck.

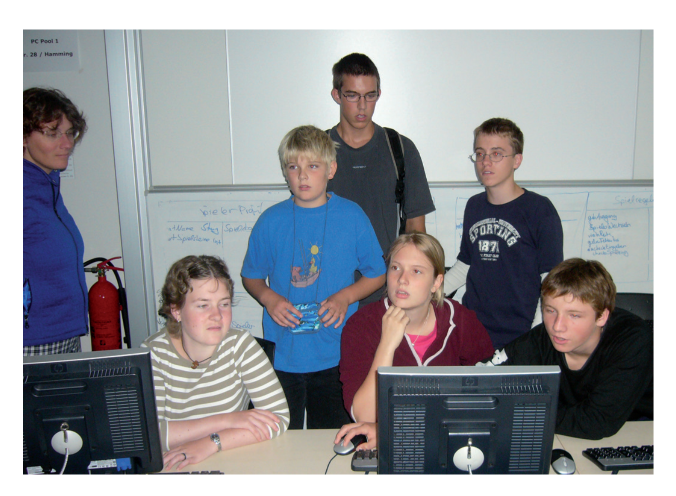


***Abb. 3:** Summercamp 2006*

Reegineering monolithischer Software zu Service-orientierten Architekturen (REMSO)
Software muss ständig modernisiert werden. Das betrifft nicht nur nach außen sichtbare Anpassungen an neue Bedürfnisse wie z.B. neue Endgeräte oder neue Versionen von Betriebssystemen, sondern auch die Architektur der Software. Im Projekt REMSO mit dem Unternehmen JessenLenz geht es um das Re-Engineering eines großen monolithischen Softwaresystems zu einer modernen service-orientierten Architektur.

GreenNavigation
Als Weiterentwicklung aus dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Projekt eE-Tour Allgäu wird im Projekt GreenNavigation an verbesserten Routing-Algorithmen für Elektromobilität gearbeitet. U.a. werden stochastische Einflüsse oder Konzepte für das Flotten-Routing berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in einem Werkzeug umgesetzt worden, mit dem sich für verschiedene Fahrzeugcharakteristiken neben energieoptimalen Routen auch Restreichweiten auf der Karte darstellen lassen.

JUnitRV
Mit der Technik Runtime Verification ist es möglich, während der Laufzeit zu überprüfen, ob spezifizierte Eigenschaften eingehalten oder verletzt werden. Dafür ist es notwendig, Monitore zu synthetisieren und in das zu prüfende System zu integrieren. Um diese Technik für Java-Programme einfach anwendbar zu machen, wurde das Java Unit Testwerkzeug JUnit um Runtime Verification erweitert. So kann nicht nur getestet werden, ob eine Methode für gesetzte Eingaben das gewünschte Ergebnis liefert, sondern während der gesamten Laufzeit kann überprüft werden, ob Eigenschaften ständig gelten oder irgendwann verletzt werden.

Viermastbark Passat
Das ISP ist an regionalen Kooperationen interessiert. So wurde z.B. mit der Entwicklung eines Buchungssystems für die Viermastbark Passat begonnen. Feste, Feiern, Hochzeiten und Klassenausflüge sollen berücksichtigt werden. Dieses Projekt läuft in Zusammenarbeit mit dem Bereich Schule und Sport der Hansestadt Lübeck.

Sichere dynamische Vernetzung in Operationssaal und Klinik

Das Ziel des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts OR.NET ist die sichere Vernetzung von Geräten verschiedener Hersteller im Operationssaal. Neben universitären Partnern sind Hersteller von Medizinprodukten, Dienstleister und Softwarehersteller am Projektkonsortium beteiligt. Von der Universität zu Lübeck ist neben dem ISP noch das Institut für Telematik und das Institut für Medizinische Informatik dabei. Der Beitrag des ISP umfasst die Entwicklung von Konzepten, wie zusätzliche Sicherheitsnachweise für offene Systeme in den Zulassungsprozess integriert werden können, z.B. mit der Technik Runtime Verification. Das ISP strebt an, die neuen Zulassungsstrategien international abzustimmen.

Zentralisiertes Lithium-Speicher-Monitoring

Gerade bei den erneuerbaren Energien Wind und Sonne stimmt die aktuelle Energieerzeugung meistens nicht mit dem aktuellen Verbrauch überein. Verbesserung können Energiespeicher bringen, die direkt beim Energieerzeuger, z.B. der Windkraftanlage, einen Puffer für die Energie bilden. Im Projekt ZeLim mit dem Unternehmen ecc Repenning GmbH wird ein System zur Steuerung und Überwachung solcher Energiespeicher entwickelt.

Roller Rent

Mit dem Unternehmen Move About aus Bremen wird daran gearbeitet, Elektromobilität auch mit Elektrorollern in Form von „car"-sharing anzubieten.

Das ISP hatte im Laufe der Jahre viele interessante Gäste z.B. Rudolf Berghammer, Eike Best, Wilfried Brauer, Manfred Broy, Gabriel Ciobanu, Volker Diekert, Jürgen Ebert, Ursula Goltz, Sergei Gorlatch, Jürg Gutknecht, Werner Kluge, Hans Langmaack, Leo Motus, Dirk Nowotka, Arnd Poetzsch-Heffter, Bernhard Rumpe, Gunther Schmidt, Herbert Stoyan, Peter Thiemann, Varmo Vene und Eberhard Zehendner.

Das ISP hat folgende Konferenzen und Workshops in Lübeck organisiert:

- NADA 1997: Workshop der ESPRIT-Working Group New Hardware Design Methods, mit ca. 20 Teilnehmern, 20.-23. September 1997
- regelmäßige Arbeitstreffen Programmiersprachen und Softwaretechnik mit der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 1997-2002
- SNPD 2003: Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, mit über 60 Teilnehmern aus 15 Ländern, 16.-18. Oktober 2003
- KPS 2007: Kolloquium Programmiersprachen und Grundlagen der Programmierung, mit ca. 50 Teilnehmern aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und Dänemark, 10.-12. Oktober 2007
- TIME 2011: Symposium on Temporal Representation and Reasoning, mit ca. 35 Teilnehmern, 12.-14. September 2011
- D-CON 2013: deutsche Wissenschaftler im Bereich Nebenläufigkeit, mit ca. 40 Teilnehmern, 7.-8. März 2013

3. Lehre

Ursprünglich war das ISP im Hauptstudium des Diplomstudiengangs Informatik für die Pflichtveranstaltungen Algorithmische Sprachen und Übersetzerbau zuständig. Die Veranstaltung Algorithmische Sprachen wurde 1999 in Programmiersprachen umbenannt und ist im Bachelor/Master heute noch Wahlpflichtveranstaltung. Übersetzerbau wurde schon, bevor sie das erste Mal gehalten wurde, durch die Pflichtveranstaltung Softwaretechnik ersetzt, blieb aber Wahlpflichtveranstaltung sowohl im Diplom wie auch im neuen Master. Mit der Studienordnung für den Master Informatik 2007 verschwandt Übersetzerbau auch aus dem Wahlbereich (wie damals in Informatik-Studiengängen an vielen anderen Universitäten). Die Pflichtveranstaltung Softwaretechnik ist bis heute als Pflichtfach im Bachelor Informatik und anderen Studiengängen erhalten und wird sogar noch durch die Pflichtveranstaltung Software Engineering und im Master durch die Veranstaltung Softwarekonstruktion verstärkt.

Mit dem Masterstudiengang Informatik kamen neue Veranstaltungen hinzu. Das Modul Spezifikation und Verifikation wurde später in zwei separate Bereiche aufgetrennt. Das Modul Spezifikation und Modellierung ist heute noch Pflichtmodul im Master. Der Bereich Verifikation hat durch die drei neuen Module Software- und System-Testen, Runtime Verification und Model Checking viel mehr Breite und Tiefe gewonnen.

In der Grundlagenausbildung war das ISP fünf Jahre lang verantwortlich für Informatik I, die Einführungsveranstaltung für Informatik-Studierende. Die Studierenden lernten die Konzepte der Programmierung am Beispiel von Pascal oder SML. Als nach dem Forschungsfreisemester von Prof. Dosch im Wintersemester 2002/03 die Einführungsveranstaltung für die Informatikstudierenden gleichzeitig als einzige Informatikveranstaltung für neue Studiengänge wie Molekulare Biotechnologie (später Molecular Life Science) dienen sollte, übergab das ISP anderen Instituten diese Einführungsveranstaltung, übernahm aber im Sommersemester 2004 noch die Zweitsemesterveranstaltung Informatik II.

In den ersten Jahren war es auf Grund der Entfernung vom Technikzentrum zum Campus schwierig, Studierende zu gewinnen, die am ISP Seminare oder Praktika belegten oder Studien- und Diplomarbeiten schreiben wollten. Die Studierenden fragten gar nicht erst nach den Themen, sondern ob sie für die Lehrveranstaltung oder für die Arbeit



Abb. 4: *Das Team des ISP in 2013*

auch einmal ins Technikzentrum kommen müssten. So wurde die erste Diplomarbeit am ISP erst 2001 abgeschlossen. Diese Schwierigkeit hatte sich zum Glück mit dem Einzug ins neue Informatik-Gebäude 64 im Frühjahr 2004 in Wohlgefallen aufgelöst.

Im Diplomstudiengang hat das ISP Wahlpflichtpraktika zu den Themen Übersetzerbau und Softwaretechnik angeboten. Das Praktikum Softwaretechnik wurde im Bachelor für alle Informatik-Studierenden zur Pflicht. Wie schon im ersten Jahr wird auch heute noch im Pflichtpraktikum Softwaretechnik ein Spiel in einer Gruppe umgesetzt, mit viel Spaß und Ehrgeiz sowie hohem Lerneffekt und Aufwand. Bachelorprojekte, Projektpraktika und Fallstudien für Masterstudierende sowie Seminare werden heute zu aktuellen Themen angeboten und werden von den Studierenden seit Jahren reichlich nachgefragt.

Nach der mühsamen Anlaufphase im Technikzentrum hat das ISP zahlreiche Studien- und Diplomarbeiten betreut und später entsprechend Bachelor- und Masterarbeiten.

Im Oberseminar tragen laufend Doktoranden, Mitarbeiter und Gäste über aktuelle Themen aus den Forschungsbereichen des ISP vor.



Geländeübersicht Technikzentrum Lübeck (TZL) Seelandstr. (Foto: Nils Bergmann)

Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS)

http://www.imis.uni-luebeck.de

Michael Herczeg

1. Anfänge des IMIS

Das Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS) wurde am 1.2.1997 als ein Institut der neu gegründeten Informatik der damals Medizinischen Universität zu Lübeck gegründet. Mit Berufung an die Universität zu Lübeck durfte ich als Gründer und zugleich seitdem als Geschäftsführender Direktor des IMIS wirken. Das Institut wurde mit dem Auftrag gegründet, mit dem Themenkomplex Multimedia, Interaktive Systeme und auch Visualisierung die Lübecker Informatik in Forschung und Lehre zu ergänzen. Heute gehört das IMIS zu den bekanntesten Lehr- und Forschungsinstituten im Bereich der Interaktiven Medien und der Mensch-Computer-Interaktion. Es vernetzt sich in vielerlei Hinsicht mit den Instituten und Kliniken der Universität zu Lübeck und des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein auf dem Campus Lübeck.

2. Die ersten Tage und Wochen des IMIS

Es gehörte von Anfang an zum guten Ton der Lübecker Informatik, dass Neuberufene, die ein Institut gründen sollen, zuerst einmal in eine funktionsfähige Infrastruktur integriert worden sind, damit sie ihre „grüne Wiese" auch von Anfang an mit gutem Werkzeug bestellen können. Mir wurde diese Annehmlichkeit zuteil, indem mein damaliger Kollege der Telematik, Prof. Dr. Dieter Hogrefe, mir zwei Räume in seinem damaligen Institut im legendären Gebäude 21, damals wie heute eine charmante Baracke der Universität, für mich, meinen ersten wissenschaftlichen Mitarbeiter, Dr. Janfeld, meine erste Sekretärin, Frau Weiland und meinen Techniker, Dr. Milde, zur Verfügung gestellt hat. Dies hatte den großen Vorteil, dass wir von Anfang an Telefone, Computer, Netzwerke, Drucker und eine High-Performance-Espressomaschine im direkten Zugriff hatten. Einen besseren Start konnte es nicht geben.

Aus dieser komfortablen Position heraus konnten sehr schnell Lehrveranstaltungen für das anstehende Sommersemester 1997 vorbereitet, mehrere Forschungsanträge gestellt und die künftige Institutsresidenz gesucht und erschlossen werden.

3. Die frühen Jahre des IMIS im Technikzentrum

Angesichts der beengten Raumsituation auf dem Universitätscampus musste das IMIS zusammen mit dem Institut für Softwaretechnik ISP (damals Prof. Dosch) eine neue Außenstelle der Universität eröffnen. Mit der Seefahrtschule hatten bereits Mathematik und Theorie der Informatik ein stadtnahes Refugium gefunden. Leider waren auch dort die Kapazitäten ausgeschöpft. Der damalige Kanzler der Universität, Wolf-Dieter von Detmering, unternahm mit mir und dem Kollegen Dosch so manche Dienstfahrt zu lokalen Kasernen und anderen freistehenden Liegenschaften des Landes, sowie zu diversen gewerblichen Nutzungsflächen. Als küstenfremde Südländer entschieden der Kollege Dosch und ich uns für das Technikzentrum der Hansestadt Lübeck an der Seelandstraße in Kücknitz, direkt neben der damals noch florierenden Flenderwerft an der Trave kurz vor Travemünde. Meer und Strand waren somit in greifbarer Nähe, was sich dann allerdings, bedingt durch die intensive Aufbauarbeit, nur als theoretisches Vergnügen herausgestellt hat.

Durch freundliche Unterstützung des Technikzentrums und seiner Mitarbeiter, hier ist besonders die Unterstützung von Dr. Raimund Mildner zu nennen, war der Einzug leicht zu schaffen. Das Institut hatte nach und nach seine wissenschaftlichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen rekrutiert und die ersten Forschungsanträge trugen bereits Früchte. Im Rahmen des Hochschulsonderprogramms des Landes Schleswig-Holstein sowie dem flankierenden EU-Projekt RISI (Building the Information Society) konnte ein Netzwerk von interessierten Instituten und Kliniken der Universität entwickelt werden. Das Multimedia-Entwicklungszentrum Schleswig-Holstein, kurz MESH, wurde gegründet. In einem Dutzend Fach- und Arbeitsgruppen wurden neue fachübergreifende Forschungsthemen entwickelt und modernste Computerinfrastruktur angeschafft. So fand auch früh ein großer Silicon Graphics Multimediaserver, die neue „Passat", ihren Weg in die Universität. Die Arbeitsgruppen entwickelten in Anwendungsbereichen von Medizin und anderen sicherheitskritischen Domänen neue Konzepte und Ideen. Eine kleine innovative Denkfabrik in der Verknüpfung aus Informatik, Medien und Medizin war entstanden. Insbesondere wurde auf diesem Weg auch erstmals eine zeitgemäße

Multimediainfrastruktur in die Hörsäle gebracht. Bis dahin waren Folien, Dias und Kreide für die Lehre in Informatik und Medizin das übliche Mittel der Wahl. Die digitale Medialisierung der Hörsäle und Seminarräume führte schnell zu neuen Lehrkonzepten und einer zeitgemäßen Präsentation von fachlichen Inhalten auf Grundlage einer zunehmend leistungsfähigen Client-Server-Infrastruktur auf dem Campus. Auf dieser Grundlage war es auch gut möglich, zum Wintersemester 1999/2000 den Studienschwerpunkt Medieninformatik zu gründen.

4. Das IMIS in den Media Docks Lübeck

Leider konnte auch das IMIS den Niedergang der Werften in Norddeutschland nicht aufhalten. Nach den letzten Stapelläufen in der Flenderwerft musste auch eine historische Stadt am Meer wie die Hansestadt Lübeck über andere Entwicklungsmöglichkeiten nachdenken. In Abstimmung mit dem Land Schleswig-Holstein, dem Wirtschafts- und dem Wissenschaftsministerium entwickelte das IMIS zusammen mit Prof. von Amelunxen aus der Muthesius Hochschule Kiel das Konzept einer postgradualen, internationalen, kleinen, aber feinen Hochschule mit dem englischsprachigen Masterstudiengang „Digital Media“. Die International School of New Media (ISNM), ein kleines Pflänzchen unter internationaler Aufmerksamkeit, wurde als An-Institut der Universität gegründet und als Standort wurde, geradezu symbolisch, ein 100 Jahre alter Hafenschuppen direkt an der Altstadt der Hansestadt Lübeck zu einem modernen Geschäfts-, Lehr- und Medienzentrum ausgebaut und entwickelt. Es war vor allem die um die ISNM herum konzipierte Verbindung aus Bildung und Wirtschaft, die europäische Fördermittel ermöglichten, da für die Hansestadt Lübeck ansonsten der Umbau des Hafenschuppens in ein modernes Bildungs- und Businesszentrum und damit die Realisierung der Media Docks kaum machbar gewesen wäre. Das IMIS entwickelte zusammen mit Architekten, Fachleuten des KWL und Unterstützern der ISNM und der Media Docks die Struktur, Ausgestaltung und informations- und medientechnische Ausstattung des Gebäudes.

Das IMIS zog im Jahr 2002 als allererster Mieter in die Media Docks Lübeck (Abb. 1). Nachdem die gerade noch schnell aufgebrachte Farbe an den Wänden trocken war, konnten die Schränke endlich ganz an die Wand geschoben werden und die Arbeit mit Blick auf die wunderbare Lübecker Altstadtinsel konnte beginnen. In den Media Docks brummte es schnell. Der Studiengang Digital Media der ISNM samt sechs neuen Professoren sowie die teilweise Durchführung des Studienschwerpunktes Medieninformatik in den Laboren des Hauses führte deutsche und internationale Studierende in die einmalige Arbeits-, Lehr- und Begegnungsstätte Media Docks an der Trave, die heute nicht mehr aus Lübeck wegzudenken ist und sich dank der hohen Nachfrage ständig weiterentwickeln kann.

Eine Vielzahl neuer Projekte im Kontext von E-Learning und neuen Medien führte zu einem rasant wachsenden IMIS, in dem Platzmangel durch Wachstum zur Tagesordnung geworden war. Dieser Platzmangel führte aber auch zu Nähe und Wärme und im wunderschönen Ambiente der Media Docks, jedes Büro hatte einen eigenen Balkonabschnitt, wurde kreativ fast jedes Problem gelöst und dabei neue, viel



Abb. 1: *Das IMIS und die ISNM in den Media Docks*

schwierigere Probleme entdeckt. So soll Wissenschaft funktionieren.

5. Das IMIS auf dem Campus

Die Media Docks sind sicher einer der schönsten Arbeitsorte in der Hansestadt Lübeck. Nach einigen Jahren wurden der Standort und die örtlichen Möglichkeiten für das IMIS leider zu eng. Auch wurden die Wege in der intensiven Vernetzung und der mit jedem Jahrgang zunehmenden Lehre in der neuen Medieninformatik auf dem Campus der Universität für Studierende und Dozenten zu weit. Die Erbauung des neuen Informatikgebäudes 64 führte das IMIS im Jahr 2005 nach langem Weg wieder zurück auf den Campus.

Auf dem Campus hat das IMIS seine Arbeit wieder in stärkerer Vernetzung mit den örtlichen Institutionen entwickeln können. Projekte mit der Medizin und der Psychologie stehen im Vordergrund der örtlichen Ausrichtung und Kooperationen. Die Entwicklung moderner mobiler interaktiver Systeme im und außerhalb des klinischen Betriebs zeichnen sich als ein wichtiges neues Forschungs- und Entwicklungsthema ab.

In den nächsten Jahren soll auch und gerade der demographische Wandel in besonderer Weise Berücksichtigung finden. Mit der Berufung einer zweiten Professur am IMIS, besetzt durch Frau Prof. Dr.-Ing. Nicole Jochems, gehen wir hier in enger Verbindung mit Instituten und Kliniken auf dem Campus organisatorisch und wissenschaftlich neben bewährten auch neue Wege.

Der neue BioMedTec-Wissenschaftscampus von Universität, Universitätsklinikum und Fachhochschule soll künftig weitere Vernetzungsmöglichkeiten fördern.

6. Das IMIS und sein Engagement in Wirtschaft, Bildung und Kultur

Aufgrund meiner langjährigen Arbeit in der Industrie in den 80er und 90er Jahren hatte ich nie Schwierigkeiten, eine fruchtbare Zusammenarbeit mit der freien Wirtschaft und Industrie zu realisieren. Diese Beratungs- und Begutachtungsarbeit, die in Kooperation mit Unternehmen wie Alcatel, AVECS, Daimler, Dräger, MACH oder Thyssen HDW aber auch mit Technischen Überwachungsvereinen wie dem TÜV Rheinland oder dem TÜV Nord, der Bundeswehr genauso wie mit Aufsichtsbehörden wie der Atomaufsicht in Schleswig-Holstein, dem Bundesministerium für Umwelt oder der Reaktorsicherheitskommission stattgefunden hat, fordern und befruchten die Arbeit am IMIS immer wieder von Neuem. Das IMIS versteht sich nicht nur als anwendungsorientiertes Forschungsinstitut, sondern auch als Wissenstransferinstitut, mit Transfer aus der Universität in Wirtschaft und öffentliche Verwaltungen. Es geht dabei nicht alleine um die zusätzliche Finanzierung unserer Forschungsarbeiten, sondern auch um die berechtigte Auseinandersetzung um Schwerpunktsetzung in der Wissenschaft, um gesellschaftlich relevante Fragen in den Fokus zu nehmen und an benötigten Lösungen mitzuwirken. Dies schränkt Forschung und Lehre in keinster Weise ein, sondern befruchtet sie und fordert und fördert eine verständliche Wissenschaftskommunikation.

Es ist und war uns aus diesem Verständnis heraus auch immer wieder wichtig, junge Menschen zu motivieren und zu unterstützen. Dies geschieht nicht nur durch den Auftrag unsere Studierenden an der Universität zum erfolgreichen Abschluss zu bringen, sondern auch durch ein besonderes Engagement für Kinder und Jugendliche in schulischen und außerschulischen Kontexten. In den Initiativen KiMM (Kids in Media and Motion, www.kimm.uni-luebeck.de) sowie LIaS (Lübecker Informatik an Schulen, www.lias.uni-luebeck.de) leisten wir dies im Rahmen der Schülerakademie unserer Universität. In beiden Initiativen werden Kinder und Jugendliche in Schule, Museum und Freizeit an neue digitale und interaktive Technologien herangeführt und befähigt, nicht nur als Konsumenten, sondern als kritische und kompetente Produzenten zu wirken. Wir danken einer Vielzahl von Spendern und Förderern, ganz besonders der Possehl-Stiftung Lübeck und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), diesen Transfer direkt aus der Universität für Kinder und Jugendliche seit 2001 mit wissenschaftlicher Fundierung und Wirkungsforschung leisten zu können. Dabei sind auch außergewöhnliche Forschungsarbeiten entstanden, die neue Wege der Medienbildung für Kinder und Jugendliche und ihre positive Wirkung aufzeigen. Letztlich hat sich am IMIS dadurch neben den anderen Arbeiten im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion ein eigener Forschungszweig gegründet, der sich mit Gestaltung und Wirkung interaktiver Medien auf Kinder und Jugendliche konzentriert. Das Motto „Kinder und Jugendliche arbeiten heute mit den Medien von morgen“ ist hier tägliche Praxis geworden. Seit einigen Jahren findet an der Universität eine Woche lang im Sommer das Informatik Summer Camp statt. 75 Jugendliche im Alter von 14 bis 18 Jahren entwickeln mit Unterstützung von Studierenden und Wissenschaftlern zeitgemäße Computeranwendungen und lernen somit einen wichtigen Teil ihrer eigenen Zukunft zu gestalten (Abb. 2 und 3).

Das IMIS ist Gründungsmitglied im Zentrum für Kulturwissenschaftliche Forschung Lübeck (ZKFL) seit dessen Gründung im Jahr 2010. Das ZKFL ist ein Zentrum der Universität zu Lübeck in Partnerschaft mit der Hansestadt Lübeck. Es versteht sich als eine langfristige und nachhaltige Initiative zur Verankerung geistes- und kulturwissenschaftlicher Forschung in Lübeck, um innovative Forschungsprojekte im kulturellen Kontext durchzuführen. Das IMIS verknüpft sich hier insbesondere mit den Museen der Hansestadt Lübeck,





Abb. 2 und 3: *Kinder und Jugendliche arbeiten heute mit den digitalen Medien von morgen*

um die vorhandenen Kulturgüter in Ausstellung und Archiv noch besser für die Bürger und Bürgerinnen der Stadt, für Touristen wie auch für andere Kulturwissenschaftler verfügbar, zugänglich und erschließbar zu machen.

7. Das IMIS und die Fachgesellschaften

Seit nun fast 30 Jahren bin ich als Gründer des IMIS auch Mitglied der Gesellschaft für Informatik (GI). In vielen Funktionen als Fachgruppengründer und Fachgruppensprecher für Software-Ergonomie, Entwicklungswerkzeuge für interaktive Systeme, Medieninformatik, Sicherheitskritische Mensch-Maschine-Systeme sowie zurzeit Sprecher des gesamten Fachbereiches Mensch-Computer-Interaktion und Präsidiumsmitglied der GI kümmere ich mich unter Einbindung des IMIS um die Vernetzung von Studierenden, Wissenschaftlern, Hochschullehrern und Praktikern im Gebiet der Mensch-Computer-Systeme.

Forschungsinstitute haben immer auch eine strukturelle Funktion außerhalb der Universität und bringen auf diese Weise nicht unbeträchtliche Ressourcen in die fachlich-gesellschaftliche Vernetzung ein und sollen so auch wissenschaftspolitische Akzente setzen. Nicht zuletzt sollen junge Absolventinnen und Absolventen sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in fachliche Netzwerke eingebunden werden und das nicht nur, um sich fachlich auszutauschen, sondern auch um ein gemeinsames, berufsethisch fundiertes Verständnis der Informatik zu entwickeln und zu kommunizieren.

Außer der GI sind Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des IMIS Mitglieder in vielen anderen Fachgesellschaften wie ACM, IEEE, AAAI, AACE oder GMK. Das IMIS unterstützt diese Institutionen und ihre fachlichen Communities seit vielen Jahren.

8. Das IMIS in der Forschung

Das IMIS ist eine universitäre Forschungseinrichtung, in der wir seit 1997 im Bereich der Mensch-Maschine-Systeme und der Interaktiven Medien forschen und entwickeln.

Wir beschäftigen uns mit der Analyse, Konzeption, Gestaltung, Implementierung und Bewertung benutzer- und anwendungsgerechter Benutzungsschnittstellen (Mensch-Computer-Schnittstellen, User Interfaces) interaktiver und multimedialer Computersysteme. Für die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten betrachten wir Mensch-Maschine-Systeme und Interaktive Medien ganzheitlich, in vielen Fällen im Kontext von Mensch, Technik und Organisation oder, darüber hinausgehend, auch im kulturellen Kontext.

Aufgrund dieser Thematik arbeiten wir in hohem Maße interdisziplinär. Neben informatischen und medientechnischen Grundlagen werden vor allem physiologische, psychologische, pädagogische, soziologische und gestalterische Fragestellungen in die Arbeit einbezogen. Der Computer wird dabei als die bislang flexibelste Extension des Menschen im McLuhanschen Sinn oder auch als mehr oder weniger autonom wirkender Dialogpartner oder Agent begriffen. Der Mensch wird in der Nutzung dieser neuen Kulturtechnik in den verschiedensten gesellschaftlichen Kontexten, vor allem in Arbeit, Bildung und Freizeit gesehen. Die Informations- und Kommunikationstechnologien sollen möglichst unsichtbar und nahtlos in die individuellen, sozialen, organisatorischen, technischen und räumlich-zeitlichen Kontexte ihrer Benutzer eingebettet werden und den Menschen in effektiver, effizienter, zufriedenstellender und sicherer Weise dienen.

Am IMIS werden Theorien, Kriterien, Modelle und Methoden, Werkzeuge und Prozesse zur Bewertung und Entwicklung interaktiver multimedialer Computeranwendungen entwickelt und erprobt. Im Sinne kontextualisierter Mensch-

Maschine-Systeme und interaktiver Medien bearbeiten wir ein ganzes Spektrum praxisrelevanter Forschungsthemen. Dabei bauen wir grundsätzlich auf einem weiten Medienbegriff im Sinne Marshall McLuhans „Extensions of Man" oder Lev Vygotskys „Cultural Tools" auf, wobei wir mit Hilfe psychologischer, informatischer, ästhetischer und kultureller Modelle Kommunikations- und Interaktionsprozesse zwischen Mensch und Maschine untersuchen und optimieren.

Die wichtigsten Forschungsbereiche am IMIS sind:

- Software-Ergonomie, Interaktionsdesign und Usability-Engineering
- Physische und Digitale Räume (Erweiterte, Gemischte und Virtuelle Realitäten)
- Informations- und Lernräume (Vernetzte und ambiente Lernräume)
- Virtuelle Gemeinschaften und Kooperationsräume (Socialware und CSCx)
- Sicherheitskritische Mensch-Maschine-Systeme

Die Forschungsbereiche sind so gewählt, dass es zu einer breiten Abdeckung aktueller Forschungsfragen sowie bedeutender Anwendungsbereiche interaktiver Systeme und Medien kommt. Die Darstellung einzelner Forschungsprojekte und Publikationen würden diesen Beitrag sprengen. Solche Informationen finden sich immer aktuell auf der Website des Institut (www.imis.uni-luebeck.de).

Neben der akademischen Lehre beraten die Mitarbeiter des IMIS auch private und öffentliche Institutionen bei der Analyse, Entwicklung und Anwendung multimedialer und interaktiver Systeme. Dies verstehen wir als gelebten Wissenschaftstransfer, bei dem Forschungsergebnisse neben Fachpublikationen auch direkt in die praktische Umsetzung gehen können.

9. Das IMIS in der Lehre

Die Intention der Lehrtätigkeit des IMIS mit Gründung lag zu Beginn vor allem im Bereich der praktischen Informatik in Fächern wie Software-Ergonomie, Mensch-Computer-Interaktion oder auch Multimediasysteme. Diese Fächer sind heute in unterschiedlichen Benennungen fester Bestandteil jedes Informatikstudienganges.

Mit Verbreitung des Internets sowie der zunehmenden Konvergenz der digitalen Medien in allen Lebensbereichen stieg auch die Nachfrage nach einschlägigen Studienschwerpunkten und Studiengängen mit starkem Bezug zu interaktiven digitalen Medien. Die Lübecker Informatik folgte diesem Trend zum Wintersemester 1999/2000 durch Einrichtung des Nebenfaches Medieninformatik im Diplomstudiengang Informatik. Die Nachfrage nach dieser Ausrichtung der Informatik überstieg schon zu Beginn die Erwartungen bei Weitem, so dass das Lehrangebot und die Kapazität für Medieninformatik im Rahmen der neu entstehenden Bachelor- und Masterstudiengänge weiter ausgebaut worden ist. Ein großer Teil der Lübecker Informatikerinnen und Informatiker studieren diesen Schwerpunkt. Das IMIS betreut inzwischen 250–300 eingeschriebene Studierende in der Medieninformatik.

Die Medieninformatik der Universität zu Lübeck findet ihre Ausprägung und Schwerpunktsetzung im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion und den Interaktiven Medien. Hier werden vor allem Fragen der ergonomischen, d.h. benutzer-, anwendungs- und kontextgerechten Ausprägung interaktiver Computersysteme behandelt. Das Fächerspektrum umfasst u.a.:

- Einführung in die Medieninformatik
- Mensch-Computer-Interaktion
- Software-Ergonomie
- Interaktionsdesign
- Usability-Engineering
- Medienprogrammierung und Medienproduktion
- Computergestütztes Lehren und Lernen (E-Learning)
- Computergestützte Kooperation und Socialware
- Designtheorie und Designmethodik für interaktive Medien
- Medientheorie und Semiotik
- Psychologische Grundlagen der Medieninformatik
- Hypermediasysteme
- Prozessführungssysteme (Überwachung und Steuerung von Prozessen)
- Augmented-, Mixed- und Virtual-Reality-Systeme
- Soziologie vernetzter Medien
- Computer- und Medienkunst
- Musik und Computer
- Praktikum Interaktions- und Mediengestaltung
- Projekte über 1-2 Semester
- Seminare

Entgegen der Meinung einiger Kritiker konnte diese Entwicklung hin zu den digitalen und interaktiven Medien nicht als vorübergehende Modeerscheinung in Rahmen einer zeitweise sogenannten „Internetblase" angesehen werden. Das Gegenteil ist der Fall. Die Nachfrage nach Medieninformatik und verwandten Studiengängen war und ist an allein über 50 Hochschulen in Deutschland bis heute ungebrochen und weiter steigend. Durch Verknüpfungen mit der Psychologie, einem neuen Studiengang der Universität zum Wintersemester 2013/2014 und Verstärkung durch eine W2-Professur in Medieninformatik wird darüber nachgedacht, das Lehrgebiet der Medieninformatik mit einer starken Beziehung zu Medizin, Medizintechnik und Lebenswissenschaften weiter auszubauen. Die Nachfrage nach einer solchen fachlichen Ausrichtung sowie die spätere Bedeutung einer solchen Ausbildung in modernen Berufsfeldern wird

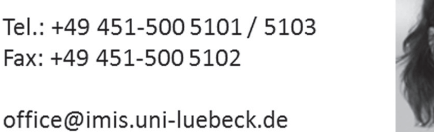
die Universität als Ausbildungseinrichtung für Absolventen in zeitgemäßen, menschenzentrierten und zukunftsorientierten Fächern durch entsprechende neue Studienangebote weiter stärken.

10. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts



Leitung:
Prof. Dr. Michael Herczeg

Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS)
Universität zu Lübeck
Ratzeburger Allee 160, Geb. 64
D-23562 Lübeck



Tel.: +49 451-500 5101 / 5103
Fax: +49 451-500 5102

office@imis.uni-luebeck.de
www.imis.uni-luebeck.de


Hannelore Lamp


Claudia Hahn


Marc Paul


Tilo Mentler


Jork Milde


Florian Scharf


Felix Schmitt


Amelie Roenspieß


Anja Minzlaff


Katharina Weiß


Thomas Winkler


Christian Wolters

Die derzeitigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des IMIS

Am IMIS sind und waren über die Jahre eine große Zahl von wissenschaftlichen, technischen, gestalterischen und administrativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern beschäftigt. Manche im Rahmen befristeter Projekte nur für kurze Zeit, andere über viele Jahre und einige wenige auch über die gesamte Zeit seit der Gründung des Instituts im Jahre 1997. Im Folgenden findet sich eine Liste der derzeitigen und ehemaligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, denen bei dieser Gelegenheit für den erfolgreichen und nachhaltigen Einsatz im Institut in Forschung, Lehre und Verwaltung ganz herzlich gedankt sein soll:

- **Sonja Arend**, Medienkauffrau (gestalterische Mitarbeiterin)
- Dr. scient. **Jörg Cassens**, Dipl.-Inform. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Holger Czelk**, Dipl.-Ing. (technischer Mitarbeiter)
- Dr. rer. nat. **Christina Darolti,** Dipl-Wirt.-Inf. (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- **Barbara Engel**, M.A. (gestalterische Mitarbeiterin)
- **Benjamin Feldner**, Dipl.-Inf. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Marie Glasemann**, Dipl.-Inf. (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- **Stefanie Gollon**, Designerin (gestalterische Mitarbeiterin)
- **Saskia Grope** (Sekretärin)
- **Silke Günther**, Dipl.-Päd. (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- **Lia Hadley**, Dipl.-Ing. (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- **Claudia Hahn**, Dipl.-Psych. (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- Dr. rer. nat. **Ronald Hartwig**, Dipl.-Inform. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Claus Henkensiefken**, Dipl. Wirt.-Ing. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- Prof. Dr. rer. nat. **Michael Herczeg** (Geschäftsführender Direktor, Universitätsprofessor)
- **Jens Heydekorn**, Dipl.-Ing. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- Dr. rer. nat. **Peter Hoffmann**, Dipl.-Ing. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- Dr. rer. nat. **Bert Janfeld**, Physiker (wissenschaftlicher Mitarbeiter)

- Prof. Dr.-Ing. **Nicole Jochems**, Dipl.-Inf. (Universitätsprofessorin)
- Dr. rer. nat. **Martin Christof Kindsmüller**, Dipl.-Inf., Dipl.-Psych. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- Prof. Dr. **Barbara Kleinen**, Dipl.-Inf. (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- Prof. Dr. phil. **Huberta Kritzenberger**, Dipl.-Linguistin (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- **Hannelore Lamp** (Sekretärin)
- **Michael Leuschner**, Dipl.-Inf. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Britta Liermann** (Sekretärin)
- Dr. rer. nat. **André Melzer**, Dipl.-Psych. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Tilo Mentler**, Dipl.-Inf. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Christiane Michelsen**, Designerin (gestalterische Mitarbeiterin)
- Dr. rer. hum. biol. **Jork Milde**, Dipl.-Phys. (technischer Mitarbeiter)
- **Anja Minzlaff** (Sekretärin)
- **Marc Paul, geb. Kammler**, Dipl.-Inf. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Sandra Nyholm, geb. Weiland** (Sekretärin)
- Dr. rer. nat. **Sibylle Peuker**, Dipl.-Math. (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- **Amelie Roenspieß**, M.Sc., Informatikerin (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- **Florian Scharf**, Dipl.-Inf. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- Prof. Dr. **Andreas Schelske**, Soziologe (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Michaela Schirren** (Sekretärin)
- **Inga Schön** (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- **Felix Schmitt**, M.A., Soziologe (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Thomas Steil**, Dipl.-Inf. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- Dr. rer. nat. **Johannes K. Triebe†**, Dipl.-Psych. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Jürgen de Wall**, Dipl.-Biol. (gestalterischer Mitarbeiter)
- **Katharina Weiß**, M.A., Informationswissenschaftlerin (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- Dr. phil. **Thomas Winkler**, Dipl.-Päd., Dipl.-Design. (wissenschaftlicher Mitarbeiter)
- **Marion Wittstock**, Dipl.-Psych. (wissenschaftliche Mitarbeiterin)
- **Christian Wolters**, M.Sc., Informatiker (wissenschaftlicher Mitarbeiter)

An dieser Stelle sei auch den vielzähligen studentischen und wissenschaftlichen Hilfskräften sowie freien Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des IMIS gedankt, die an dieser Stelle nicht einzeln genannt werden können. Das IMIS versteht sich als gelebte Interdisziplinarität, Internationalität, Diversität und Chancengleichheit.



Die InteractiveSchoolWall (ISW) des IMIS im Foyer einer Lübecker Schule

Institut für Signalverarbeitung (ISIP)

http://www.isip.uni-luebeck.de

Alfred Mertins, Ulrich G. Hofmann

Unter Signalen versteht man die physikalischen Repräsentationen von Informationen, zum Beispiel in Form von Schallwellen, elektrischen Spannungsverläufen, Funkwellen, Morsezeichen oder Lichtzeichen im Eisenbahn-, Straßen- und Luftverkehr. Durch die rasante technische Entwicklung in den letzten Jahrzehnten ist eine große Zahl neuer Signalformen entstanden: Audiosignale werden digitalisiert auf der Compact Disc (CD), Fernsehsignale digitalisiert auf der Digital Versatile Disc (DVD) gespeichert. Digitale Fernsehsignale werden zudem in Form von Digital Video Broadcasting (DVB) übertragen. In der Medizin werden Signale aus dem Inneren des menschlichen Körpers aufgenommen, wie Signale vom Herzen als Elektrokardiogramm (EKG), Signale des Gehirns als Elektroenzephalogramm (EEG) oder Signale von Muskeln als Elektromyogramm (EMG). Auch bildgebende Verfahren, wie Röntgenbildgebung und Computertomographie (CT), magnetische Resonanztomographie (MRT), nuklearmedizinische Verfahren wie PET und SPECT, sowie die Ultraschallbildgebung erzeugen Signale als Träger von Informationen aus dem Inneren des menschlichen Körpers.

1. Die Anfänge

Vor dem Hintergrund des Bedarfs an neuen Methoden für die Aufnahme, Weiterverarbeitung und Interpretation von Signalen, insbesondere im medizinischen Bereich, erfolgte 1998 im Zuge des Aufbaus des Studienganges „Informatik" die Einrichtung des Instituts für Signalverarbeitung und Prozessrechentechnik (ISIP) an der Lübecker Universität. Als Leiter wurde Prof. Dr.-Ing. Til Aach berufen. Von Beginn an waren die Arbeitsschwerpunkte des ISIP stark von der Vernetzung verschiedenster Anwendungen geprägt und basierten dabei auf einer soliden bild- und signalverarbeitungsorientierten Grundlagenforschung.

Im Teilbereich Medizinische Bildverarbeitung wurde beispielsweise ein Verfahren zur verbesserten Darstellung kontrastmittelgefüllter Herzkranzgefäße in Koronarangiogrammen entwickelt, das besser als die bekannte Digitale Subtraktionsangiographie (DSA) mit Herz- und Atembewegungen des Patienten umzugehen vermag. Abb. 1 zeigt ein Bild aus einer präinterventionell aufgenommenen Koronarangiographie vor und nach Filterung mit dem am ISIP entwickelten Verfahren. Abb. 2 zeigt eine weitere Anwendung, in der das Diaphragma („Zwerchfell") in einer präinterventionellen Koronarangiographie mit kontrastierten Herzkranzgefäßen wie auch in der anschließenden interventionellen Durchleuchtung des Patienten automatisch erfasst und verfolgt wird. Verfolgen des Diaphragmas erlaubt zum einen eine synchronisierte Darstellung der präinterventionellen kontrastierten „Roadmaps" mit den interventionellen Bilddaten, wie auch Rückschlüsse auf die Atemtätigkeit des Patienten. Weitere klinische Anwendungen der medizinischen Bildverarbeitung am ISIP deckten die Bereitstellung geeigneter Bildauswertungsverfahren für transkranielle Harmonic-Imaging-Ultraschallbilddaten ab, um Perfusion z. B. für die Schlaganfalldiagnostik zu erfassen. Weiterhin wurden die Forschungsaktivitäten auf industrielle Anwendungen ausgedehnt. Diese Anwendungen beinhalteten beispielsweise die automatische Sicherung der Qualität von Massenprodukten, wie optischen Datenträgern (CD, DVD, CD-ROM). Durch geeignete Bildanalyseverfahren konnten potenzielle Fehler im Produkt vor Auslieferung erkannt werden („zero-error policy"). Andere Anwendungen in diesem Schwerpunkt hatten die Erkennung von bewegten Objekten, wie Fußgängern und Fahrzeugen in Verkehrs-Videodaten, zum Gegenstand.

Neben der von Prof. Aach betriebenen medizinischen und industriellen Bildverarbeitung wurde von Dr. Ulrich Hofmann der Teilbereich Biosignalanalyse und Neuroengineering entwickelt, in dem vielkanalige Signale, wie die eingangs erwähnten EKG- oder EEG-Daten, untersucht wurden. Dazu wurden Messsysteme entworfen und entwickelt, die die bioelektrischen Signale des Herzens oder des Gehirns erfassen und digital nutz- und analysierbar machen können. In Zusammenarbeit mit der Medizinischen Klinik II des UKSH wurden zum Beispiel Signale untersucht, die implantierte Herzschrittmacher von der elektrischen Aktivität des Herzens unter verschiedenen Bedingungen telemetrisch weiterleiten. Weiterhin zielte die Forschung im Feld Neuroengineering darauf ab, die Unzulänglichkeiten, die das menschliche Gehirn im Laufe eines Lebensalters entwickelt, mit technologischen Gerätschaften zu kompensieren. Dazu wurden aufbauend auf Vielfachmikroelektroden auf Siliziumbasis Sonden aus Metall entwickelt, die eine sichere, vielkanalige, elektrophysiologische Auffindung des Nucleus subthalamicus ermöglichen. Diese Sonden vereinfachen das präzise Auffinden derjenigen tiefen Hirnregionen beim Menschen,

die für die Leitsymptome (wie unkontrolliertes Zittern) des Morbus Parkinson verantwortlich sind. Ziel war es, nach der Lokalisation der tiefen Hirnkerne einen sogenannten „Hirnschrittmacher" neurochirurgisch zu implantieren, der den Tremor des Patienten unterdrücken hilft. Weitere Projekte des Neuroengineering zielten mittelfristig u. a. auf die Nutzung der Signale chronisch implantierter Mikrosonden zur Unterdrückung epileptischer Anfälle und später der direkten Gehirn-Maschine-Schnittstelle mit implantierter Signalverarbeitungs-Hardware ab.

2004 folgte Professor Aach einem Ruf an die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen und schied als Institutsleiter aus. Während der Suche nach einem Nachfolger wurde das Institut dann kommissarisch durch Kollegen der Sektion Informatik und unter der tatkräftigen Mithilfe von Dr. Hofmann geleitet.

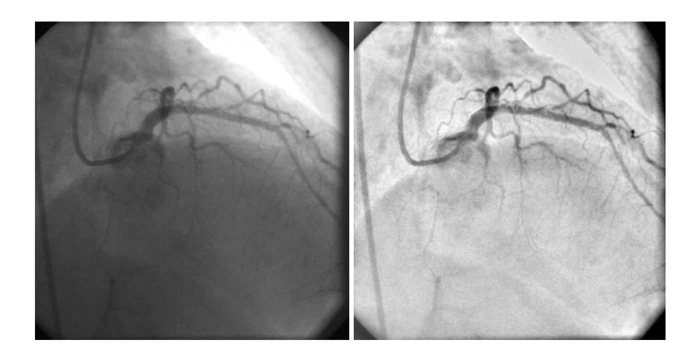


Abb.1: *Bild aus einem Koronarangiogramm vor (links) und nach (rechts) gefäßverstärkender und hintergrundabschwächender Filterung*

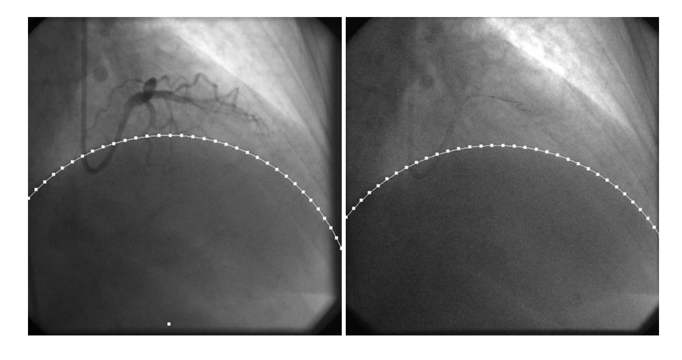


Abb.2: *Diaphragma-Erfassung und Verfolgung in Koronarangiographie (links) und Durchleuchtung (rechts)*

2. Die zweite Phase von 2006 bis heute

Im November 2006 übernahm Prof. Dr.-Ing. Alfred Mertins die Leitung des Instituts für Signalverarbeitung. Die Forschungsaktivitäten des Instituts auf den Gebieten der medizinischen Bildverarbeitung und Mustererkennung sowie der Biosignalverarbeitung und Neurotechnologie wurden fortgeführt, und das Arbeitsgebiet wurde um die Bereiche der visuellen Szenenanalyse und der Sprach- und Audiosignalverarbeitung erweitert.

In der medizinischen Bildverarbeitung wurden am ISIP neue Verfahren für die Auswertung transkranieller Ultraschallaufnahmen entwickelt. Neben Arbeiten zur Ultraschall-Perfusionsbildgebung zur Diagnostik von Schlaganfällen gehört dazu auch die noch heute fortgesetzte Merkmalsgewinnung für die Detektion der Parkinson'schen Krankheit aus Ultraschallaufnahmen. Während das CT und MRT die üblichen Modalitäten für die Diagnose der Parkinson'schen Krankheit im fortgeschrittenen Stadium darstellen, ermöglicht der transkranielle Ultraschall bereits in sehr frühen Stadien eine Erkennung der Krankheit. Die Krankheit zeichnet sich durch eine Veränderung der Substantia Nigra aus, die weder im CT noch im MRT sichtbar ist, die im Ultraschall aber durch ihre besondere Hyperechogenität erkennbar wird. Ziel der Arbeiten ist es, robuste Merkmalsextraktions- und Detektionsverfahren zu entwickeln, die eine präzise und vom Gerät sowie vom Untersucher unabhängige Erkennung der Krankheit ermöglichen. Als besonders geeignet haben sich dabei bisher Texturmerkmale und ihre statistischen Eigenschaften erwiesen. Abb. 3 zeigt hierzu einen Vergleich des segmentierten Mittelhirns und der Substantia Nigra in 2D sowie eine Ansicht in 3D. Insbesondere die 3D-Analyse verspricht eine besonders große Untersucherunabhängigkeit, weil der behandelnde Arzt nicht mehr die geeignete Schnittebene von Hand festlegen muss.

Im Bereich der medizinischen Bildgebung werden in Zusammenarbeit mit der Industrie seit 2007 neue Verfahren für die beschleunigte Magnetresonanztomografie entwickelt. Hierbei wird insbesondere das Prinzip des Compressed Sensing (CS) benutzt, bei dem weniger Daten aufgenommen werden als für die Rekonstruktion eigentlich notwendig wären. Die fehlende Information wird durch die Nebenbedingung, dass die Repräsentation des gesuchten Bildes in einem geeigneten typischen Transformationsraum besonders spärlich wird, ersetzt. Hierbei wurde ein auf dem Compressed Sensing basierendes Verfahren zur beschleunigten Messung von Relaxationszeiten im MR entwickelt. Weiterhin wurde eine auf CS basierende Methode zur Trennung von Wasser- und Fett-Bildern beim MRT entwickelt, die es erlaubt, die Messzeiten auf ca. ein Viertel der üblichen Zeitdauer zu reduzieren. Laufende Arbeiten sind damit befasst, den MRT-Bildgebungsprozess so zu optimieren, dass mit der CS-Methode ein progressiver Bildaufbau möglich wird, bei dem die wichtigste Information zuerst gemessen wird und dann eine sukzessive Verbesserung der Bildqualität erfolgt. Die Anwendung liegt dabei in der Bildgebung des Abdomen-Bereichs, wo Patienten idealerweise über einen ausgedehnten Zeitraum den Atem anhalten müssten und sich nicht bewegen dürfen. Viele Patienten beginnen aber schon

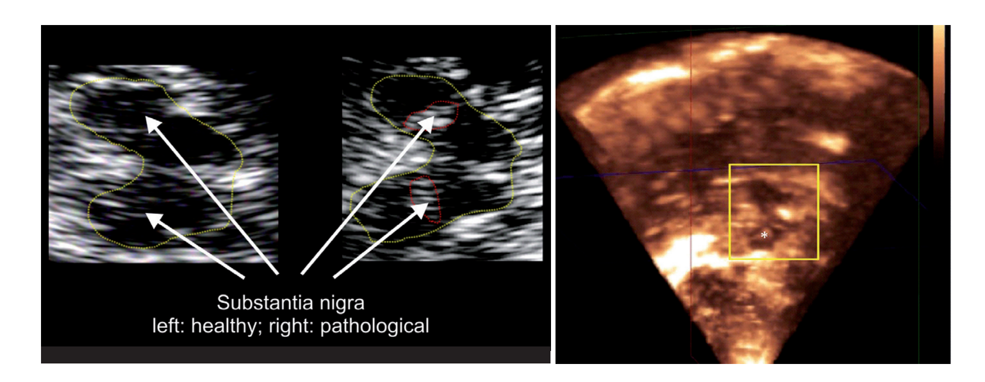


Abb.3: *Transkranielle Ultraschallaufnahmen, links in 2D und rechts als Schnitt eines 3D-Datensatzes*

nach kurzer Zeit wieder mit dem Atmen und machen damit die bis dahin gewonnenen Daten für eine klassische Rekonstruktion unbrauchbar. Mit der CS-basierten Rekonstruktion und einer darauf abgestimmten Messfolge wird es dagegen möglich, bereits aus sehr kurzen Messungen (ca. 15 Sekunden) eine diagnostisch brauchbare Bildrekonstruktion zu erzielen.

Arbeiten zur Sprachsignalanalyse zielen insbesondere auf die Erzeugung robuster Merkmale für die automatische Spracherkennung ab. Der Fokus der Arbeiten richtet sich dabei auf die Erzeugung von Sprachmerkmalen, die weitgehend invariant gegenüber den Sprechereigenschaften sind und dennoch die benötigten Diskriminierungseigenschaften besitzen, um den phonetischen Gehalt gesprochener Sprache unterscheiden zu können. In dem von der DFG geförderten Forschungsvorhaben „Invariante Merkmale für die automatische Spracherkennung" wurden insbesondere die durch unterschiedliche Vokaltraktlängen verursachten Variabilitäten behandelt. Dabei wurden zunächst zweidimensionale Signalrepräsentationen erzeugt, die die Vokaltraktlängenabhängigkeit als Translation bezüglich einer der Dimensionen ausdrücken. In einem zweiten Schritt wurden dann mittels einer Integrationsmethode Merkmale erzeugt, die unabhängig von der Translation sind. Abb. 4 zeigt hierzu ein Beispiel für die Erzeugung der Merkmale. In einem weiteren von der DFG geförderten Vorhaben mit dem Titel „Invariante Merkmale für die automatische Spracherkennung auf der Basis von komplexen Modellen der Spracherzeugung und der auditorischen Wahrnehmung" wurde die Methode dahin gehend erweitert, dass komplexere Modelle der Spracherzeugung und der auditorischen Wahrnehmung des Menschen in die Merkmalsberechnung mit einbezogen werden.

Im Bereich der akustischen Mensch-Maschine-Kommunikation stellt der stets vorhandene Nachhall eines der größten Probleme bei der Verarbeitung und Interpretation der Signale dar. Überlagerungen von Quellensignalen, wie zum Beispiel die Sprachsignale mehrerer Sprecher in einem Raum, erfolgen durch Faltung der Signale mit den oft sehr langen und stark ortsabhängigen Raumimpulsantworten, die als Finite-Impulse-Response-Filter mit mehreren tausend Filterkoeffizienten beschrieben werden können. Für die Entmischung von überlagerten Sprachsignalen ohne Kenntnis des Mischungssystems oder der Quellen (blindes Quellentrennungsproblem) wurden verschiedene neue Methoden entwickelt. In dem von der DFG geförderten Projekt „Blinde Separierung akustischer Quellensignale in reflexionsbehafteter Umgebung" wurden Verfahren entwickelt, bei denen die Aufgabenstellung der Entmischung zunächst vom Zeit- in den Frequenzbereich transformiert und dann prinzipiell mit Methoden der Independent Component Analysis gelöst wird. Dabei entstehen jedoch Skalierungs- und Permutationsunsicherheiten, die vor einer Rücktransformation in den Zeitbereich behoben werden müssen, um tatsächlich entmischte Zeitsignale zu erhalten. Für beide genannten Probleme wurden neue, effiziente Lösungsmethoden entwickelt. Das Skalierungsproblem wurde dadurch gelöst, dass nach den Entmischungsfiltern gesucht wird, die eine möglichst

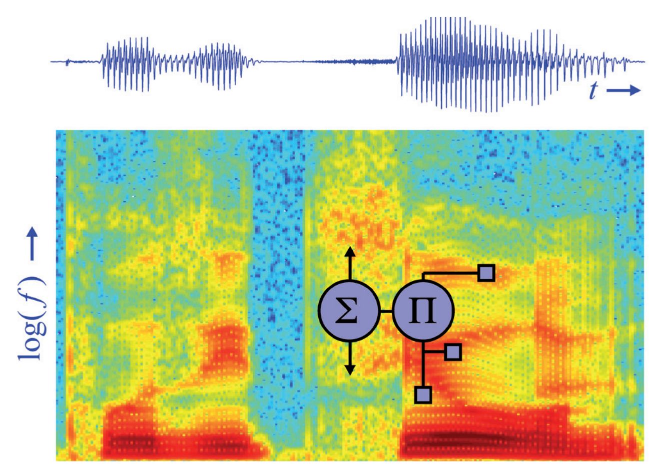


Abb. 4: *Erzeugung vokaltraktlängenunabhängiger Sprachmerkmale für die automatische Spracherkennung. Oben: Zeitverlauf eines Sprachsignals. Unten: Zeit-Frequenz-Analyse des Sprachsignals und Berechnung der Merkmale als Summe (Integral) über nichtlineare Funktionen der Spektralwerte*

kurze Länge aufweisen. Für die Lösung des Permutationsproblems wurden statistische Kenngrößen der entmischten Signale herangezogen. In einem weiteren von der DFG geförderten Vorhaben mit dem Titel „Neue Verfahren zur Entzerrung von Lautsprecher-Raum-Systemen" wurden Verfahren für die Vorfilterung von Lautsprechersignalen entwickelt, die es ermöglichen, dass an einer gewünschten Abhörposition der Nachhall nur minimal wahrnehmbar ist. Da es dabei mit kausalen, stabilen Entzerrungssystemen typischerweise nicht möglich ist, akustische Systeme zu invertieren, wurden Verfahren entwickelt, bei denen die akustischen Systeme nicht vollständig entzerrt werden, sondern bei denen gewährleistet wird, dass der verbleibende (nicht entzerrte) Nachhall unter der mittleren Wahrnehmungsschwelle des Menschen liegt. Abb. 5 zeigt hierzu den zeitlichen Abfall der Koeffizienten einer Raumimpulsantwort vor und nach der Entzerrung sowie die mittlere Wahrnehmungsschwelle.

besondere die Ereignisdetektion. Hierbei wurden auf Markov-Modellen und Conditional-Random-Fields basierende Verhaltensmodelle auf den Normalzustand trainiert, wobei a priori nicht bekannt sein muss, welche Sensoren an welchen Stellen eingesetzt werden. Die unterschiedlichen Installationen können sich also durch Art, Anzahl und Position der Sensoren unterscheiden. Das System lernt automatisch den Normalzustand und gibt immer dann ein erkanntes Ereignis aus, wenn die Messdaten nicht mehr durch das trainierte Modell erklärt werden können. Dieses erkannte Ereignis wird dann in einer von anderen Projektpartnern entwickelten Netzwerkplattform sichtbar und löst damit praktisch einen Betreuungsbesuch durch Pfleger, Verwandte oder Bekannte aus.

Unter der Leitung von Prof. Ulrich Hofmann wurde der Bereich des Neuroengineering weiterentwickelt, vor allem durch den Einsatz von unzerbrechlichen Kunststoff-Mikro-

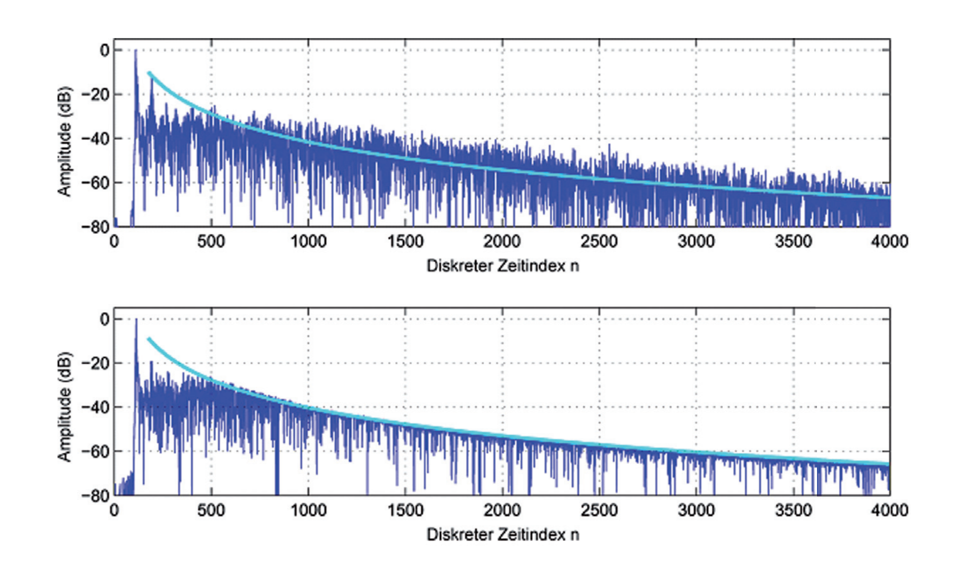


Abb. 5: *Nachhall-Abklingverhalten in einem nachhallenden Raum ohne und mit linearer Optimalfilterung (Abtastfrequenz: 16 kHz). Oben: Original-Messung (blau) und mittlere temporale Maskierungsschwelle (türkis). Unten: Abklingverhalten bei einer linearen Optimalfilterung des Lautsprechersignals (für die Wiedergabe in einem nachhallenden Raum) oder des Mikrofonsignals (für Aufnahmen in hallenden Räumen). Wenn der Verlauf unter der Maskierungsschwelle verbleibt, ist der Nachhall nicht wahrnehmbar, was in der unteren Abbildung nahezu erreicht wurde.*

Die technische Unterstützung älterer Menschen in ihrem häuslichen Umfeld hat in den letzten Jahren eine große Bedeutung erlangt. In dem vom BMBF geförderten und gemeinsam mit weiteren Instituten der Universität zu Lübeck und externen Partnern durchgeführten Forschungsvorhaben „SmartAssist" wurde ein System entwickelt, mit dem die Vorgänge in Wohnungen älterer Menschen in einer wenig invasiven Weise beobachtet werden können und bei dem ein Alarm ausgelöst wird (Ereignisdetektion), wenn sich die Verhaltensweise gegenüber dem trainierten Normalzustand geändert hat. Der vom ISIP bearbeitete Aspekt betrifft ins-

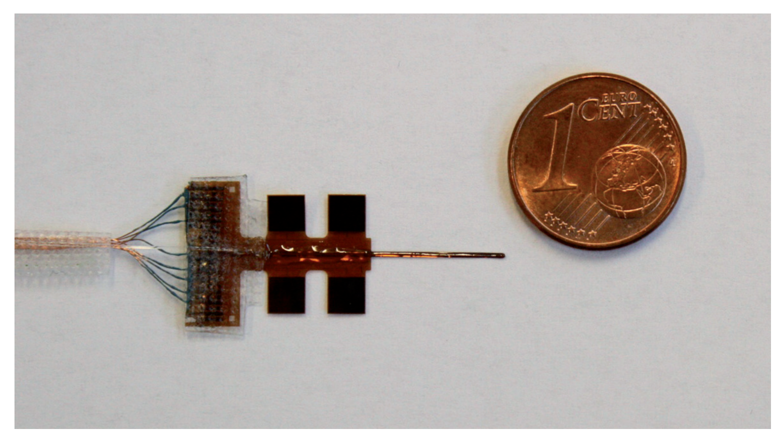
sonden als chronische Schnittstelle zum Gehirn. Es konnte innerhalb einer Kooperation mit der Fraunhofer-Einrichtung für Marine Biotechnologie gezeigt werden, dass diese flexiblen Sonden eine überraschend kleine Abwehrreaktion des Körpers hervorrufen. Sie versprechen damit eine sehr lange Liegezeit für die geplante Gehirn-Computer-Schnittstelle und wurden bereits erfolgreich zur Mikrostimulation von Parkinson-Modellen eingesetzt. Zur optimierten Implantation dieser flexiblen Sonden wurden unter dem Dach der Graduiertenschule stereotaktische Operationsroboter für Tier und Mensch entwickelt, die auch noch ein neues multi-

modales, elektro-optisches Sensorsystem ermöglichten. Im Bereich der Biosignalverarbeitung gelang es mit miniaturisierten Datenaufnahmesystemen, kontaktlos Vitalzeichen aufzunehmen und diese auch sicher und verlässlich über das Internet auf Smartphones weiterzuleiten. Smartphones dienten auch dazu, ein elektronisches Schmerztagebuch in ersten Tests der Klinik für Neurochirurgie einzuführen. Abb. 6 zeigt ein Beispiel für eine Mikrosonde und eine Auswerteelektronik.

Im Frühjahr 2012 folgte Prof. Hofmann einem Ruf an die Universität Freiburg, wo er jetzt die Arbeitsgruppe Neuroelectronics Systems leitet.

benswissenschaften, sowie in dem gemeinsam von der Universität zu Lübeck und der Fachhochschule Lübeck durchgeführten Masterstudiengang Biomedical Engineering. Kennzeichnend für die Lehre des ISIP ist die Verknüpfung von theoretischen Grundlagen mit großem Praxisbezug.

Nach der Einrichtung des ISIP wurden zunächst die Lehrveranstaltungen Digitale Signalverarbeitung und Digitale Bildverarbeitung im Kernbereich des Diplomstudiengangs Informatik aufgebaut. Es folgten weitere im Kernbereich der Informatik angesiedelte Vertiefungsfächer, wie Statistische Mustererkennung, Computer Vision sowie eine vertiefende Vorlesung zur Signalverarbeitung. Weiterhin wurden



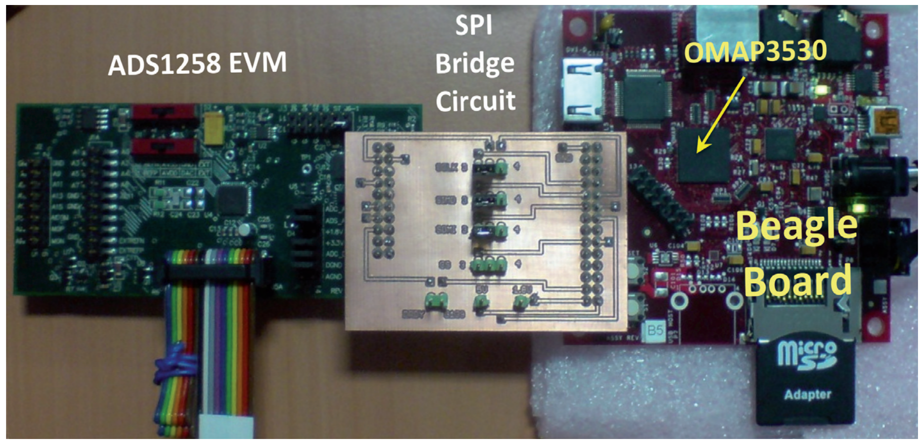


Abb. 6: *Flex-Sonde (oben) und experimenteller Hardware-Aufbau (unten), bestehend aus einer Front-End-Hardware, einem Verbindungsschaltkreis und einer Prozessoreinheit*

3. Das Institut in der Lehre

Das Lehrangebot beinhaltet bild- und signalverarbeitungsbezogene Themen in den Bachelor- und Masterstudiengängen Informatik, Medizinische Informatik, Medizinische Ingenieurwissenschaften, Mathematik in Medizin und Le-

von Prof. Ulrich Hofmann bis zu seinem Wechsel an die Universität Freiburg noch die Fächer Signal Processing, Computational Neuroscience und Neuroprothetik in englischer Sprache für Studierende des Masterstudiengangs Biomedical Engineering sowie ein Seminar zur Bildung von Startups angeboten. Aus dem Seminar entstanden immerhin drei

Existenzgründungen und eine Reihe von Teilnehmern am Master-Cup der Existenzgründung.

Die heute vom ISIP angebotenen Module Signalverarbeitung und Bildverarbeitung zählen zum Kernbereich aller oben genannten universitären Studiengänge. Die Statistische Mustererkennung gehört zum Kernbereich der Masterstudiengänge Informatik und Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften. Weiterhin werden die Veranstaltungen Digitale Sprach- und Audiosignalverarbeitung, Ausgewählte Methoden der Signalanalyse und –verbesserung sowie Elemente der Audio- und Bildcodierung in unregelmäßiger Folge in den Wahlpflichtbereichen der Studiengänge angeboten. Hinzu kommt ein Projektpraktikum zur Signal- und Bildverarbeitung, in dem umfangreiche, in sich abgeschlossene Problemstellungen in Gruppenarbeit bearbeitet werden. Für den Masterstudiengang Biomedical Engineering wird weiterhin das gesonderte Modul Signal Processing in englischer Sprache angeboten, das aus einer Vorlesungs- und einer Laborkomponente besteht.



Blick auf den Wasserturm der Universität zu Lübeck, im Hintergrund die Türme der Hansestadt Lübeck

Institut für Neuro- und Bioinformatik (INB)

http://www.inb.uni-luebeck.de



Thomas Martinetz

1. Die Anfänge des Instituts

Das Institut für Neuro- und Bioinformatik (INB) wurde am 01.10.1999 mit der Berufung von Prof. Dr. Thomas Martinetz gegründet, um u.a. die wichtige Brücke zwischen den Informatik- und Life-Science-Instituten zu bilden. Prof. Dr. Martinetz ist theoretischer Biophysiker und leitete vorher die Arbeitsgruppe „komplexe Systeme" am Institut für Neuroinformatik der Ruhr-Universität Bochum. Im Jahr 2001 stieß Prof. Dr. Erhardt Barth als stellvertretender Institutsdirektor dazu, der mit seinen Forschungsarbeiten im Bereich der biologieanalogen Bildverarbeitung und Aufmerksamkeitssteuerung das Themenspektrum wesentlich erweiterte. Prof. Dr.-Ing. Barth arbeitete vorher in verschiedenen Forschungsprojekten, u.a. bei der NASA in den USA und in Australien. 2009 hat Dr. Amir Madany Mamlouk den Ruf auf eine Juniorprofessur im Bereich Machine Learning in Medicine and Life Sciences angenommen und beforscht seitdem mit Hilfe von Methoden aus dem Maschinellen Lernen biologische Fragestellungen im Bereich Computational Neuroscience, Bioinformatik und Stammzellenforschung. Prof. Dr. Madany Mamlouk ist Informatiker und kam von der Fraunhofer Einrichtung für Marine Biotechnologie an das INB.

2. Forschungsschwerpunkte

Das Institut befasst sich mit den verschiedensten Aspekten der Informationsverarbeitung in biologischen Systemen. Biologische Systeme sind von enormer Komplexität. Um solche Systeme hervorzubringen, aufzubauen, zu organisieren und in einer komplexen Umwelt zu steuern, bedarf es besonderer Informationsverarbeitungsprinzipien. So ist die Speicherung und Verarbeitung von Information zum Beispiel grundlegend für die Evolution, für Morphogeneseprozesse und natürlich für die Leistungen unseres Nervensystems. Viele Aufgaben der Informationsverarbeitung können von biologischen Systemen immer noch um Größenordnungen besser bewältigt werden als von den schnellsten heutigen Computern.

Für die Informationsverarbeitung in Nervensystemen interessiert sich insbesondere die Neuroinformatik. Hier müssen Informationsverarbeitungsaufgaben gelöst werden, die bei der Interaktion mit der natürlichen Umgebung auftreten. Dies betrifft die Verarbeitung visueller Signale (Sehen), akustischer Signale (Hören), taktiler Signale (Fühlen), aber auch die Umsetzung dieser sensorischen Informationen durch das Planen und Ausführen von Handlungen. Die Neuroinformatik versucht, interdisziplinär in enger Zusammenarbeit mit Biologen, Neurophysiologen und Psychologen die für die Informationsverarbeitung wichtigsten Prinzipien zu extrahieren und im Computer nachzubilden. Erste Erklärungsansätze existieren mittlerweile, die populärsten unter dem Schlagwort „Neuronale Netze". Diese von der Biologie inspirierten Informationsverarbeitungskonzepte haben mittlerweile Einzug in viele Anwendungsbereiche gefunden, von der Bildverarbeitung über die Prozessautomatisierung und Robotik bis zur Analyse und Auswertung großer Datenmengen.

Aber nicht nur das Nervensystem verarbeitet Informationen in einzigartiger und bislang kaum verstandener Art und Weise, sondern wie bereits erwähnt auch andere der Biologie zuzuordnende Systeme. So ist zum Beispiel auch die Entstehung solch komplexer Strukturen wie Leben durch die Evolution eine herausragende Informationsverarbeitungsleistung. Wie in der Neuroinformatik, so sind auch deren zugrunde liegenden Prinzipien nicht nur von hoher Erkenntnis-, sondern auch von hoher praktischer Relevanz. Die zugrunde liegenden Informationsverarbeitungsprinzipien haben offensichtlich Systeme hervorgebracht, die sich optimal an schwierige und zeitlich veränderliche Umweltbedingungen anpassen können. Evolutionäre Algorithmen versuchen, diese Prinzipien im Computer nachzubilden und darüber künstliche Systeme zu optimieren. Diese Evolutionären Algorithmen sind Bestandteil des Forschungsgebietes „Artificial Life", welches sich in sehr breiter Weise mit den Grundprinzipien von Leben beschäftigt.

Die genannten Fragestellungen sind grundlegende Fragestellungen der Informatik, die aber wiederum nur mit dem massiven Einsatz von Computern angegangen werden können. Im Einzelnen werden am Institut für Neuro- und Bioinformatik folgende Forschungsthemen bearbeitet:

2.1 Maschinelles Lernen und Neuronale Netze

Methoden des Maschinellen Lernens finden verstärkt Eingang in industrielle Anwendungen. Insbesondere Neuronale Netze als biologisch motivierte Verfahren des Maschinellen Lernens sind in vielen Anwendungsgebieten zu Standardmethoden geworden. Basierend auf so genannten Trainingsdaten sollen adaptiv Klassifikationsaufgaben gelöst oder unbekannte Zusammenhänge zwischen Einflussfaktoren und Zielgrößen modelliert werden. Neuronale Netze sind vor allem dann geeignete Lösungsverfahren, wenn die Zahl der zur Verfügung stehenden Trainingsdaten hoch ist im Vergleich zur inhärenten Dimensionalität und Komplexität des zu modellierenden Zusammenhangs. Dies ist allerdings in praktischen Anwendungen in der Regel nicht ausreichend der Fall. In solchen Anwendungen ist die Zahl der Einflussfaktoren und damit die intrinsische Dimensionalität des Problems derartig hoch, dass die Zahl der Trainingsdaten immer vergleichsweise klein bleibt.

Am Institut für Neuro- und Bioinformatik werden Methoden des Maschinellen Lernens, basierend auf Ansätzen aus der Neuroinformatik, entwickelt, die dieser Problematik Rechnung tragen. So wurde unter anderem eine stark vereinfachte Modifikation der so genannten „Support-Vector-

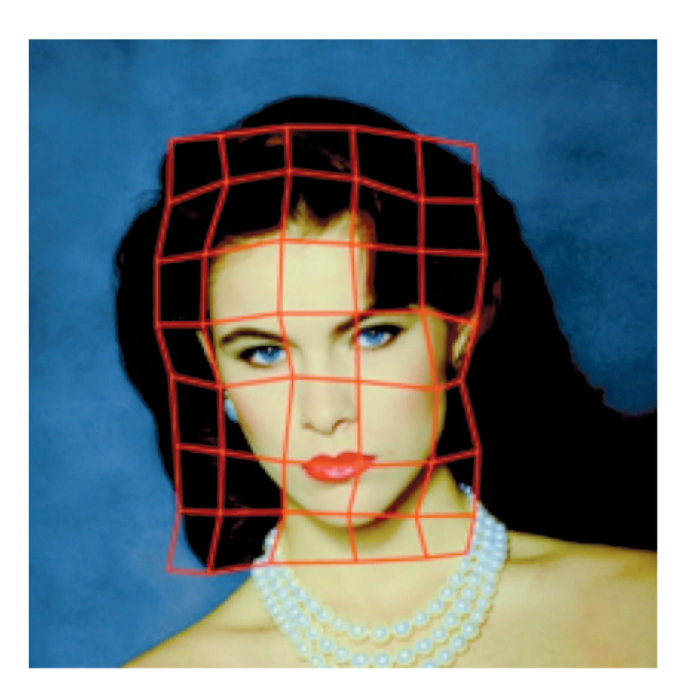


Abb. 1: *Gesichter kann der Mensch besonders gut erkennen. Vom menschlichen Sehsystem inspirierte technische Systeme sind heute führend bei der gesichtsbasierten Personenidentifikation.*

Machine" entwickelt. Ebenso werden auch komplett neue Ansätze entworfen, die die für die Praxis wichtige Robustheit, Online-Adaptierbarkeit und einfache Handhabbarkeit für den Anwender besitzen.

Auch komplexe Systeme wie z.B. Sinneswahrnehmungen können mit Hilfe von selbstorganisierenden Methoden untersucht und vereinfacht werden. Da Wahrnehmung noch immer ein wenig verstandenes Phänomen ist, ist es eine große Herausforderung, nur basierend auf verbalen Beschreibungen Modelle für die Struktur und Ordnung von Wahrnehmungsprozessen wie z.B. das Riechen oder das Farbensehen zu entwickeln. Basierend auf Datenbanken über die Geruchsqualität diverser Chemikalien wurde am Institut für Neuro- und Bioinformatik eine Geruchskarte aufgebaut, die es ähnlich dem Farbkreis ermöglicht, Geruchswahrnehmungen zueinander in Relation zu setzen.

2.2 Human and Computer Vision

Die Informationsverarbeitung in biologischen visuellen Systemen ist in vielerlei Hinsicht optimal und damit für technische Anwendungen vorbildlich. So entwickeln wir z.B. effiziente Kodierungsverfahren, welche aus Prinzipien der Informationsverarbeitung im Gehirn abgeleitet wurden. Umgekehrt können mathematische Methoden und Simulationen helfen, die biologischen Systeme besser zu verstehen. Einen Schwerpunkt bildet die Entwicklung einer neuen visuellen Kommunikationsform unter Berücksichtigung der Blickrichtung, welche sowohl gemessen als auch beeinflusst wird. Damit lassen sich z.B. Fahrerassistenzsysteme entwickeln, welche die Aufmerksamkeit des Fahrers auf einen vom Auto entdeckten Fußgänger lenken. Wir konnten im Fahrsimulator nachweisen, dass damit die Anzahl der Unfälle signifikant abnimmt.

Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Erkennung von Gesten mithilfe von 3D-Kameras. 3D-Kameras liefern zusätzlich zum normalen 2D-Bild auch noch Tiefeninformation. Damit lassen sich viele Bildverarbeitungsprobleme wesentlich

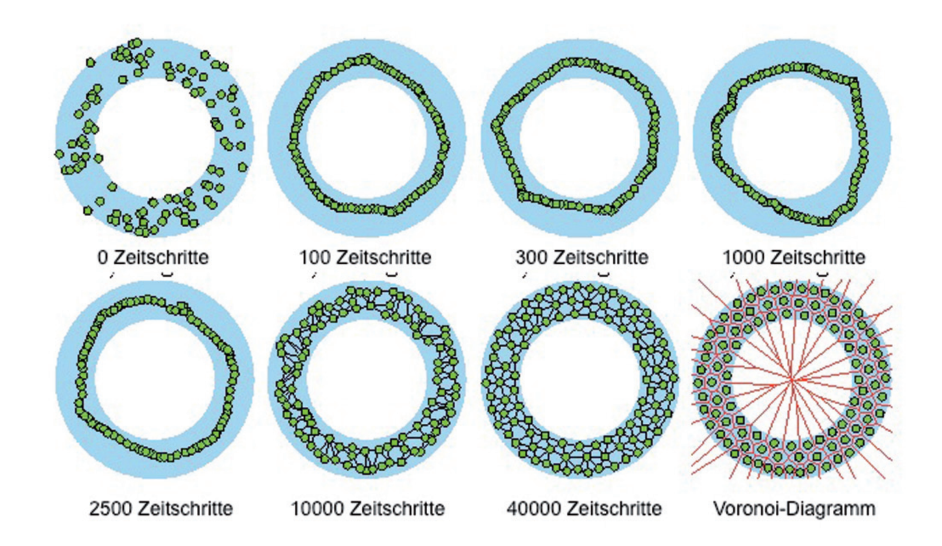
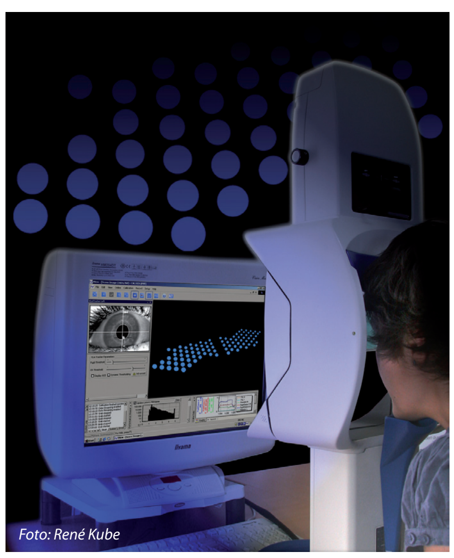
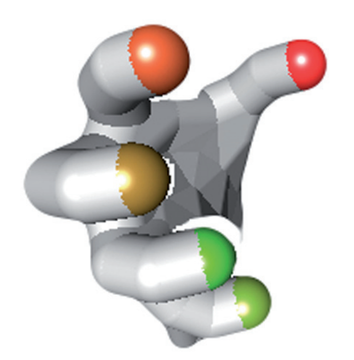
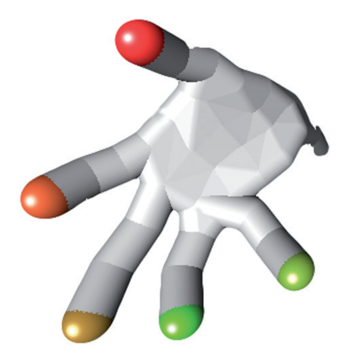


Abb. 2: *Das „Neural Gas", mit über 1000 Zitationen die meistzitierte Arbeit aus dem Institut für Neuro- und Bioinformatik*











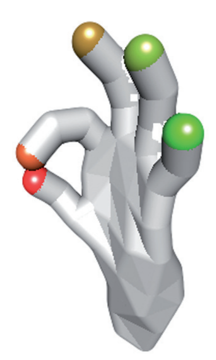


Abb. 3: *Messung der Blickrichtung im Labor (oben links) und Lenkung der Aufmerksamkeit im Fahrsimulator (oben rechts). Unten: Erkennung von Handgesten mit Hilfe von selbst-organisierenden Karten (www.gestigon.de).*

robuster lösen. Speziell zum Problem der Gestenerkennung wurde von uns ein EU-Projekt geleitet, im Rahmen dessen u.a. ein Verfahren basierend auf sogenannten „selbstorganisierenden Karten" entwickelt wurde. Dieses Verfahren wurde patentiert und zur weiteren Fortentwicklung durch EXIST vom Bundesministerium für Wirtschaft gefördert. Daraus entstand 2011 die gestigon GmbH.

2.3 Prozessoptimierung (Decision Support)

Unternehmen und Organisationen, besonders in den Bereichen Vertrieb, Logistik, Fertigung und Distribution, sind darauf angewiesen, ihre meist komplexen und stark vernetzten Produkte und Dienstleistungen auf Nutzen und Abhängigkeiten hin zu untersuchen und entsprechende Prozesse aufeinander abzustimmen und zu optimieren. Mit voranschreitender Globalisierung der Märkte und steigender Komplexität wachsen nicht nur die Anforderungen an Unternehmen und Unternehmer, auch Entscheidungsträger aus der Politik sehen sich mit immer weniger transparenten und immer stärker vernetzen Problemen konfrontiert.

Auf der Suche nach mehr Transparenz und vor allem mehr Planungssicherheit ist die Unterstützung durch moderne Computersysteme unumgänglich. Computersimulationen entwickeln sich zu einem immer festeren Bestandteil von Entscheidungsprozessen, da man mit ihnen Entscheidungen überprüfen und somit zukünftige Prozesse auf einer sichereren Basis planen kann. Ist die Simulation robust und zuverlässig, können durch die gesteigerte Transparenz nicht nur neue Lösungsansätze erkannt werden, es können auch Investitionsrisiken minimiert sowie potentielle Entscheidungen gesichert werden. Es zeigt sich, dass die simulierten Prozesse in vielerlei Hinsicht Parallelen zu komplexen Systemen in der Biologie aufweisen, insbesondere bei der vernetzten Wechselwirkung zwischen einzelnen Einflussfaktoren.

Im Rahmen mehrerer, u.a. von der EU geförderten Projekten wurde eine Software entwickelt, mit der verschiedens-

te Einflussfaktoren und deren Wechselwirkungen quantitativ und qualitativ simuliert werden können. Damit können nun Entscheidungsträger aus Banken, Industrieunternehmen, Ministerien, aber auch z.B. Umweltschutzverbände komplexe Szenarien und die Auswirkung bestimmter Entscheidungen simulieren, analysieren und verifizieren. Für den Transfer dieser Software wurde die Consideo GmbH gegründet, die mittlerweile mehrfach für ihre Softwarelösungen ausgezeichnet wurde. Das neueste Softwareprodukt ist der iModeler, der die Anwendung von „System Dynamics"-Methoden wesentlich vereinfacht und für eine breite Schicht von Anwendern nutzbar macht.

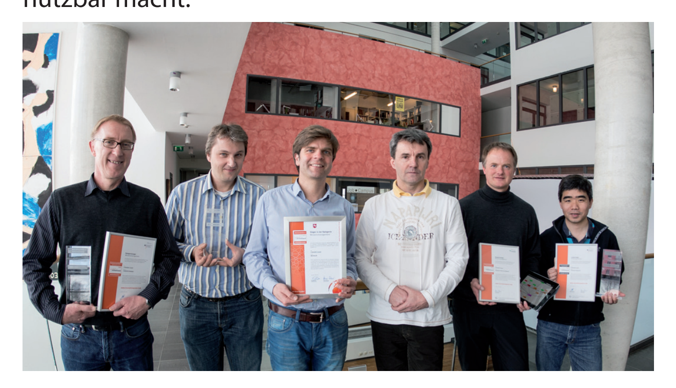


Abb. 4: *Innovationspreis der CeBIT 2013 für das Entwicklerteam des „iModeler". Prof. Thomas Martinetz, Magnus Bornemann, Franc Grimm, Prof. Erhardt Barth, Kai Neumann und Daoen Pan (von links)*

2.4 Computational Neuroscience: Schlaf- und Geruchsforschung

Das INB arbeitet eng mit Kollegen aus der Medizin im Bereich der Schlafforschung und Geruchsforschung zusammen. Im Rahmen des SFB „Plastizität und Schlaf" geht es darum, die Gedächtnisbildung im Schlaf besser zu verstehen. Es gibt eine Reihe experimenteller Hinweise, dass in den Tiefschlafphasen deklaratives Gedächtnis gebildet wird. Die Modellvorstellung ist, dass Gedächtnisinhalte, die sich tagsüber im Hippocampus angesammelt haben, im Schlaf über einen „replay"-Mechanismus in corticale Regionen, ins Langzeitgedächtnis, transferiert werden. Dieser Transferprozess ist mit langsamen Oszillationen im EEG-Signal verbunden. Es ist gelungen, z.B. durch phasenabhängige akustische Stimulation diese langsamen Oszillationen in den Tiefschlafphasen und darüber die Gedächtniskonsolidierung zu verstärken. Damit können Probanden ihre Vokabeln besser lernen. Das INB konzipiert neuronale Netzwerkmodelle, mit denen sich diese Prozesse und die beobachteten EEG-Signale und Stimulationen im Computer simulieren lassen. Ziel ist es, mit diesen Simulationen die zugrundeliegenden Prozesse besser zu verstehen und noch effektivere Stimulationsarten zur Verstärkung der Gedächtniskonsolidierung zu entwickeln.

Der Geruchssinn spielt eine meist unterschätzte Rolle in vielen Bereichen des täglichen Lebens. Obwohl für viele Tiere der entscheidende Sinn, wissen wir noch immer nicht, wie aus Geruchsstoffen in unserem Gehirn Ge-

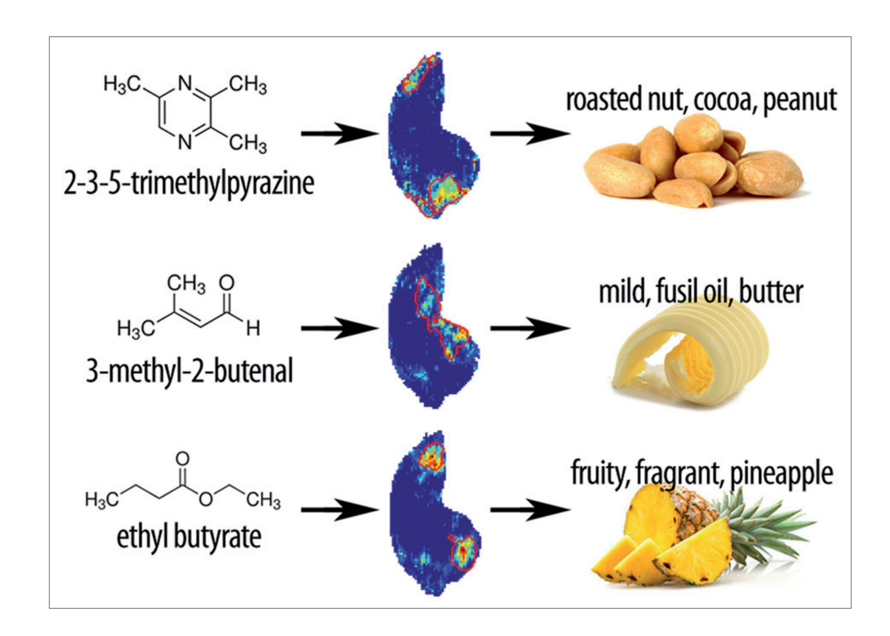


Abb. 5: *Drei Duftstoffe, die prototypisch für drei Kategorien menschlicher Geruchswahrnehmung sind. Aufgrund der direkten Verschaltung der Nase mit dem Gehirn lässt sich eventuell durch diese grundlegenden Erkenntnisse über die Signalverarbeitung des Gehirns ebenfalls die Früherkennung von degenerativen Gehirnerkrankungen wie Parkinson verbessern.*

ruchswahrnehmungen entstehen. Wir beschäftigen uns mit der grundlegenden Frage, wie der Geruchsraum strukturiert ist und wie der Wahrnehmungsprozess dabei für den Menschen aus der Detektion von einzelnen Molekülen eine Geruchswahrnehmung schafft. Dies ist aus zwei Gründen eine interessante Fragestellung: Erstens verstehen wir etwas mehr über den Prozess des Wahrnehmens allgemein, der Geruchssinn ist nicht nur unser ältester Wahrnehmungsprozess sondern auch der einzige Wahrnehmungsprozess, bei dem die Sinneszellen quasi direkt mit dem Gehirn verbunden sind. Zweitens arbeiten wir an einem Satz von Basisgerüchen, mit denen es evtl. möglich wird, Riechverluste über die systematische Testung von Riechkolbenaktivität messbar zu machen. Jüngste Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass speziell die Parkinsonsche Krankheit bereits in sehr frühen Stadien von Einschränkungen des Riechens begleitet wird.

3. Das Institut in der Lehre

Das Institut ist verantwortlich für das Nebenfach Bioinformatik im Bachelor- und Masterstudiengang Informatik und bietet Vorlesungen, Übungen, Seminare und Praktika auf dem Gebiet der Neuro- und Bioinformatik an. Lehrveranstaltungen zu diesen Themen werden auch in den Studiengängen „Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften", „Molecular Life Science", „Medizinische Ingenieurswissenschaften" sowie „Infektionsbiologie" durchgeführt.

Prof. Dr. Madany Mamlouk wurde im Jahr 2012 mit dem 1. Walter-Dosch-Lehrpreis ausgezeichnet und ist Teilnehmer des 2. Jahrgangs der Exzellenzinitiative Lehre[N] (2012/2013), ein Förderprogramm zur Verbesserung der Lehre der Alfred-Töpfer-Stiftung gemeinsam mit dem Stifterverband für die deutsche Wissenschaft, der Joachim-Herz-Stiftung und der Nordmetall-Stiftung.



Für eine Mustererkennungssoftware, mit der das Unternehmen EUROIMMUN signifikante Prduktivitätssteigerungen erzielen konnte, erhält das Team des INB von Firmenchef Prof. Dr. Stöcker den mit 50.000 Euro dotierten EUROIMMUN Innovationspreis 2012 (v.l. Präsident Prof. Dr. Dominiak, Cand. Inf. Folke Will, Cand. Inf. Sebastian Fischer, Dr. Thomas Käster, Prof. Dr. Martinetz und Prof. Dr. Stöcker). (Foto: René Kube)

Institut für Robotik und Kognitive Systeme (ROB)

http://www.rob.uni-luebeck.de

1. Wir stellen uns vor

Das Institut für Robotik und kognitive Systeme an der Universität zu Lübeck arbeitet auf dem Gebiet der medizinischen Robotik. Dieses Arbeitsgebiet ist interdisziplinär zwischen Medizin, Informatik, Physik, Mathematik und den Ingenieurwissenschaften angesiedelt. Dementsprechend ist die Arbeitsgruppe aus Wissenschaftlern mit Abschlüssen in diesen Bereichen zusammengesetzt. Wissenschaftler aus der Arbeitsgruppe waren maßgeblich an der Entwicklung der weltweit ersten Systeme der Medizinrobotik beteiligt. Inzwischen sind die entwickelten Systeme weltweit im klinischen Einsatz. Anwendungen ergeben sich in der Onkologie, Radiochirurgie, Orthopädischen Chirurgie, Kardiologie und Neurologie. Schwerpunkte der Forschung sind mathematische Verfahren zur Bewegungskorrelation und Bewegungsprädiktion sowie Verfahren zur bildgestützten Navigation und für die inverse Planung. Das Institut hat federführend im DFG-Schwerpunktprogramm „Medizinische Navigation und Robotik" mitgewirkt und die Einrichtung der Lübecker Graduiertenschule „Informatik in Medizin und Lebenswissenschaften", gefördert in der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder, initiiert.

Das Institut wurde am 1.10.2002 mit der Berufung von Achim Schweikard gegründet. Mit Einrichtung der Graduiertenschule im Jahr 2007 und der Berufung von Alexander Schlaefer auf eine Juniorprofessor Medical Robotics im Jahr 2008 wurde der Forschungsschwerpunkt medizinische Robotik Navigation weiter ausgebaut. Neben einer engen Kooperation bei der Entwicklung von Methoden, beispielsweise zu Bewegungsausgleich und Bestrahlungsplanung in der Strahlentherapie wurden aus der Arbeitsgruppe Medical Robotics auch neue Themen aufgegriffen. Beispiele sind die bildgestützte Navigation beim Einbringen von Brachytherapienadeln, die Navigation für endoskopische Eingriffe, sowie Modellbildung und Bewegungskompensation am Herz. Aus dem letzten Projekt ist unter anderem eine Kooperation mit einer Arbeitsgruppe an der Xi'an Jioatong University in China hervorgegangen.

Seit 2007 ergänzen nationale und internationale Stipendiaten der Graduiertenschule die personelle Ausstattung des Instituts und der MedRob-Arbeitsgruppe.

2. Forschung und Drittmittel – eine Projektauswahl der letzten 10 Jahre

Die Strahlentherapie stellt eine der wichtigsten Behandlungsformen für Tumorerkrankungen dar. Der Einsatz eines robotergestützen Verfahrens ermöglicht höchste Präzision auch bei schwierigen Tumorgeometrien und stellt gleichzeitig hohe Anforderungen an die Bestrahlungsplanung. In Kooperation mit der Firma Accuray wurde ein auf linearer Programmierung basierendes Verfahren zur Planung von über 1.000 Einstrahlrichtungen entwickelt, welches weltweit inzwischen bei mehr als 200.000 Krebspatienten zum Einsatz kam.

Eine neue Erfindung betrifft den Atmungsausgleich in der robotergestützten Cyberknife-Radiochirurgie. Auch dieses Verfahren ist seit 2005 weltweit im Einsatz und mehr als 100.000 Patienten wurden behandelt.

Um bei der Therapie von Tumoren im Körperstammbereich eine hohe Präzision zu erreichen, müssen natürliche Bewegungen der Organe, insbesondere Atembewegungen bei der Bestrahlung berücksichtigt werden. Das im Cyberknife zur Anwendung kommende robotergestützte Ausgleichssystem für die respiratorische Bewegung des Tumors wurde von uns konzipiert und als Prototyp implementiert.

2.1 DFG SPP 1124

Bereits in der Gründungsphase wurden neben weiteren DFG-Einzelprojekten das DFG Schwerpunktprogramm 1124 *Medizinische Navigation und Robotik* bearbeitet. Die Gesamtkoordination des Schwerpunktprogramms lag bei Prof. Schweikard.

Während der 6-jährigen Laufzeit von 2001 – 2007 war das Institut für Robotik am Gesamtvolumen von € 12 Mio. mit zwei Mitarbeiterstellen (BAT IIa) und umfangreichen Hiwi- und Sachmitteln beteiligt.

Der Begriff „Medizinische Navigation" bezeichnet eine Klasse neuartiger Verfahren, mit denen Informatikmethoden (typischerweise rechnergestützte Bildverarbeitung und kamerageführte Roboter) zur Unterstützung chirurgischer Eingriffe eingesetzt werden. Eine große Herausforderung ist in diesem Bereich die Entwicklung von Navigationsmethoden zur Unterstützung von Eingriffen in der Strahlentherapie, der Strahlenchirurgie, aber auch in der Orthopädie und der gesamten herkömmlichen Chirurgie.
Obwohl beispielsweise (hier im Fall der Orthopädie) die



Abb.1: *CyberKnife Strahlentherapiesystem Kooperationspartner: Fa. Accuray, Sunnyvale, 1310 Chesapeake Dr., CA 94989, USA*

Lage einer kleinen Knochenläsion (im Zentrum eines Knochens) durch tomographische Verfahren genau bestimmt werden kann, steht der Chirurg häufig vor dem Problem, die genaue Lage der Läsion intraoperativ (d.h. relativ zur aktuellen Lage des chirurgischen Instruments) zu bestimmen. Dies wird dadurch erschwert, dass im Allgemeinen nur ein kleiner Teil der Knochenoberfläche freigelegt werden kann, und die eigentliche Läsion während der Operation nicht sichtbar ist. Ziel eines Navigationsverfahrens ist es, die tatsächlichen intraoperativen Lagebeziehungen (unter Benutzung der tomographischen Daten) zu berechnen, und in Realzeit während der Operation auf dem Bildschirm darzustellen oder auch eine geeignete Nachführung des Instruments zu ermöglichen.

Das SPP brachte 10 Projekte aus 8 führenden deutschen Arbeitsgruppen zur computerunterstützten Chirurgie zusammen. Wesentliches Ziel ist die Erarbeitung gemeinsamer Grundlagen für die unterschiedlichen Anwendungen der neuen Methoden. Anwendungen ergeben sich unter anderem in der Neurochirurgie, der orthopädischen Chirurgie, Abdominalchirurgie, Unfallchirurgie bis hin zur Radiochirurgie.
Im Förderzeitraum wurden neue Methoden zum Ausgleich von Atmungsbewegungen in der robotisierten Strahlentherapie entwickelt und untersucht. Folgende Punkte wurden bearbeitet:

- Neuentwicklung von Prädiktionsalgorithmen
- Untersuchung von Korrelationsverfahren
- Signalverarbeitung
- Markerlose Zielfindung und Prädiktion

Neuentwicklung von Prädiktionsalgorithmen

Eine wesentliche Komponente des Bewegungsausgleichs ist die Kompensation von Latenzen in der Behandlungskette. Diese Latenzen entstehen durch die Bild- und Positionserfassung, durch die Dauer von Berechnungsschritten und die mechanische Trägheit des Robotersystems. Um diese Latenzen auszugleichen, wurden sechs neue Algorithmen entwickelt und getestet.

Untersuchung von Korrelationsverfahren

Die zweite Komponente des Ausgleichs besteht darin, an Hand von externen Messdaten (Positionssensoren) die Position des Zielgebiets zu bestimmen. Hierzu wurde ein neuer Algorithmus entwickelt und mit dem momentan klinisch eingesetzten Verfahren verglichen.

Signalverarbeitung

Um die vorgenannten Algorithmen mit hoher Genauigkeit ausführen zu können, war die Untersuchung von Signalverarbeitungsmethoden notwendig. Es wurde ein Algorithmus zur Rauschunterdrückung sowie ein neuartiges LED-Netz zur Positionserfassung entwickelt.

Markerlose Zielfindung und Prädiktion

Die markerlose Zielfindung wurde mit Hilfe von 3D Ultra-

schall an Herz und Leber untersucht. Die gewonnenen Daten wurden dann auch den oben genannten Prädiktions- und Korrelationsalgorithmen unterworfen.

4D Planung

Robuste Planungsmethoden, die die erwartete Organbewegung in die Planung einbeziehen, wurden untersucht. Dabei wird der Effekt verbleibender Unsicherheit, beispielsweise auch durch Organdeformation, auf die Dosisverteilung minimiert. Der Vergleich verschiedener Verfahren deutet darauf hin, dass worst-case Szenarien einen praktikablen Ansatz zur Handhabung von Bewegungen und Deformationen liefern.

2.2 SOMIT / FUSION

Ziele des Förderschwerpunktes

Im Rahmen der Leitvision SOMIT (Schonendes Operieren Mit Innovativer Technik) wurden zukunftsorientierte Gesamtkonzepte für die Planung und Durchführung von Operationen in bestimmten Krankheitsgebieten entwickelt und realisiert, die den zukünftigen Anforderungen des Gesundheitssystems, insbesondere unter Einbeziehung der demografischen Entwicklung, gerecht werden. In den Konzepten sollen die Ergebnisse aus relevanten technischen Entwicklungslinien so miteinander kombiniert werden, dass anwenderfreundliche, integrative OP-Systeme entstehen, die den Anforderungen in den jeweiligen operativen Fachgebieten entsprechen. Dies umfasst auch die Einbeziehung von interventionellen Verfahren (wie z. B. minimal invasive und endoluminale Eingriffe) und ambulant durchführbaren Operationstechniken. Im Mittelpunkt steht dabei die Reduktion der Patientenbelastung bei gleichzeitig hohem therapeutischen Nutzen.

Bei einer Laufzeit von 2005 bis 2010 und einem Gesamtvolumen von €15 Mio hatte das Institut für Robotik einen Anteil von € 739.000T an dem Bundesleitprojekt.

Unser Projekt war Teil des Schwerpunktes FUSION: „Future Environment for Gentle Liver Surgery Using Image-Guided Planning and Intra-Operative Navigation“. Das Modul „Laparoskopieassistent“ sollte Methoden untersuchen und Softwarewerkzeuge entwickeln, um eine patientenindividuelle schonende laparoskopische Leberoperation mit Navigation des laparoskopischen Instrumentariums zu ermöglichen. Zur Operationsunterstützung sollten patientenindividuelle Daten wie Lebersegmente, Tumore und Resektionsvorschläge, die von MeVis (Bremen) erstellt und im Rahmen des Projekts bereitgestellt werden, in die laparoskopische Bildgebung (Ultraschall und Video) eingeblendet werden können. Ziel war eine Registrierung der navigierten Instrumente, v.a. des laparoskopischen Ultraschalls, auf präoperative Daten mit Hilfe anatomischer Landmarken der Leber. Dabei sollten nicht nur präoperative Daten eingeblendet, sondern umgekehrt intraoperative Befunde und Planungsänderungen in die präoperativen Daten rückübertragen werden können.

Die ersten Ziele waren die Verwirklichung der laparoskopischen intraoperativen Navigation mit Ultraschall und die Evaluation an Organ- und Tiermodellen. Als zweiter Schritt



Abb. 2: *Einsatz im Transfer OP, Klinik für Chirurgie, UKSH Campus Lübeck (Foto: René Kube)*

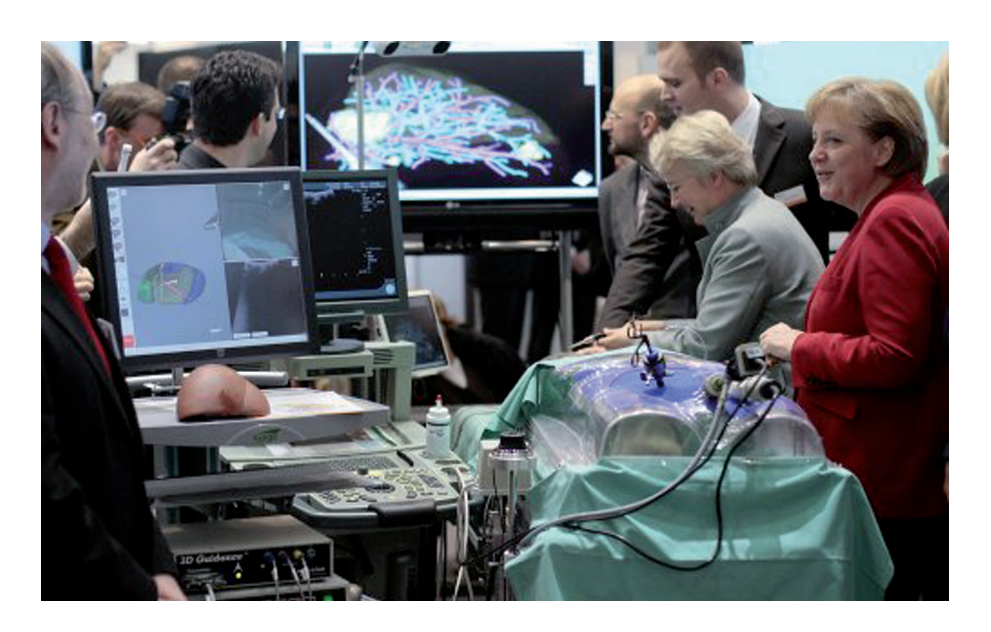


Abb. 3: *Der Lapassistent auf der CEBIT 2008, Bundeskanzlerin Merkel besucht den Stand des Instituts für Robotik (Foto: reuters)*

sollte die Übertragung der präoperativen Planungsdaten auf den laparoskopischen Situs und die Darstellung der Daten im videooptischen und im Ultraschallbild erfolgen. Hierbei war eine Echtzeitfähigkeit anzustreben. Möglichkeiten zur Erfassung intraoperativer Deformation und Bewegung sollten evaluiert und eine Bewegungskompensation in Echtzeit implementiert werden.

2.3 Graduiertenschule für Informatik in Medizin und Lebenswissenschaften

Mit Auslobung der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder haben wir das Modell einer interdisziplinären Schule, die das Profil der Universität stärken und weiter entwickeln sollte, konzipiert und 2007 wurde die Graduiertenschule (GS) „Informatik in Medizin und Lebenswissenschaften" gegründet.

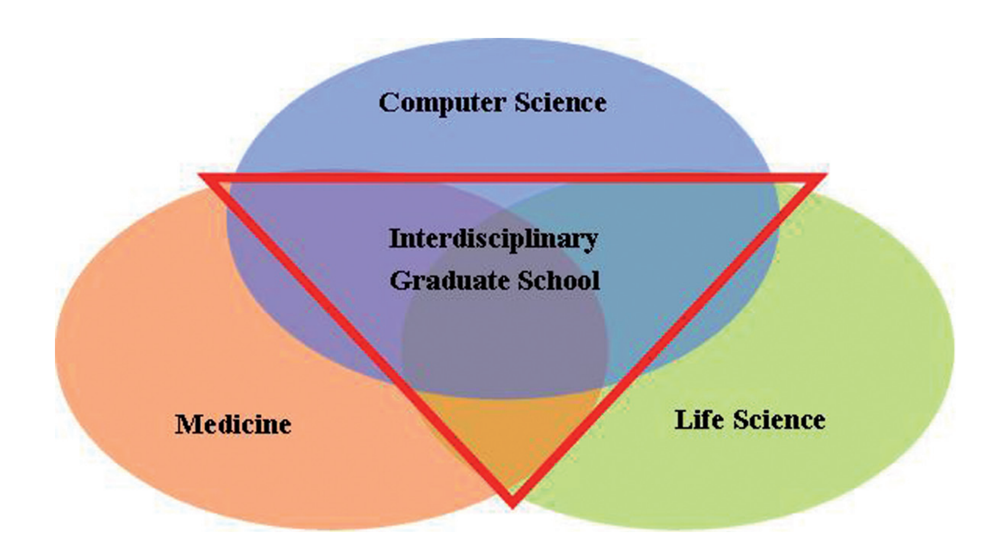


Abb. 4: *Die Graduiertenschule verbindet die drei Forschungsbereiche der Universität Informatik, Medizin und Lebenswissenschaften*

Sie wurde mit 5 Millionen Euro durch die Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder gefördert und verbindet inhaltlich die drei Hauptbereiche der Universität: Medizin, Informatik und Lebenswissenschaften. Alle wesentlichen Einrichtungen zu diesen drei Bereichen befinden sich auf dem gemeinsamen Campus. Diese Voraussetzungen schaffen ideale Bedingungen für eine interdisziplinäre Doktorandenausbildung, die in Form von Tandem-Projekten (Informatik-Medizin oder Informatik-Lebenswissenschaften) und entsprechend Betreuern aus beiden Bereichen gewährleistet wird. In dieser Form gibt es bundesweit keine weitere Informatik-Graduiertenschule.

Die Graduiertenschule ist eine lebendige Einrichtung unserer Universität, in der erfolgeich international und interdisziplinär geforscht und promoviert wird.

Die Lübecker Graduiertenschule ist inzwischen eine weltweit führende Forschungseinrichtung in mehreren Gebieten. Dazu gehören die optische Kohärenztomographie, die Magnetpartikel-Bildgebung sowie Forschung über Schlaf und Gedächtnis. Im Jahre 2010 wurde der Leibniz-Preis, der angesehenste Wissenschaftspreis in Deutschland, an den damaligen stellvertretenden Leiter der Schule, Jan Born, verliehen.

Derzeit befinden sich 61 ausgewählte Doktoranden aus 19 Ländern im Promotionsstudium. Bereits 6 konnten ihren Abschluss mit einer durchschnittlichen Dauer von 3,75 Jahren und eine durchschnittlichen Note von 1,1 erlangen. Mehr als 30% der Doktoranden sind weiblich, was besonders eindrucksvoll für ein Programm in den Ingenieurswissenschaften ist. 14 Doktoranden sind verheiratet, 4 haben Kinder. Die Graduiertenschule gewährt Familien eine finanzielle Unterstützung zuzüglich zum Stipendium.

Neben DFG-finanzierten Stipendien ist es der Lübecker Graduiertenschule gelungen, durch attraktive Programme Drittmittel-finanzierte Stipendien einzuwerben. Aktuell ist dieser Anteil höher als die staatliche Förderung und ist zurückzuführen auf intensive Kooperationen mit nationalen und internationalen Industriepartnern der Universitätsinstitute und -kliniken.



Abb. 5: *Der „behütete" Abschluss*

2.4 Projekte der Arbeitsgruppe Medizinische Robotik

Die größtenteils im Rahmen der Graduiertenschule angesiedelten Projekte der Arbeitsgruppe führen einerseits erfolgreiche Forschungsthemen zur Bestrahlungsplanung und laparoskopischer Navigation fort, untersuchen andererseits aber auch neue Fragestellungen. Beispiele für neue Themen sind die Bewegungskompensation beim inversen EKG oder die Planung von Aortenklappenrekonstruktionen, woraus ein Teilprojektantrag im Graduiertenkolleg LUMEN resultierte. Weitere neue Forschungsthemen betreffen die bild-



Abb. 6*: Internationale Doktoranden aus 19 Nationen formen das Gesicht der GS (Foto: René Kube)*



Abb. 7: *Die ursprüngliche Verteilung der Strahlen aus vielen unterschiedlichen Richtungen.*

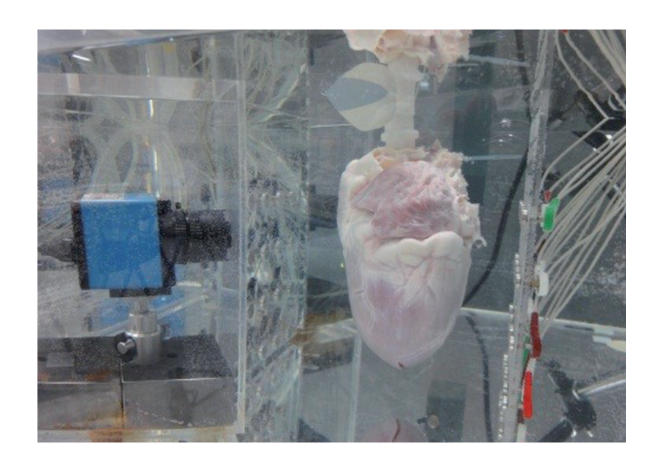


Abb. 8: *Bioreaktor mit Bildquelle, Elektroden und Schweineherz.*

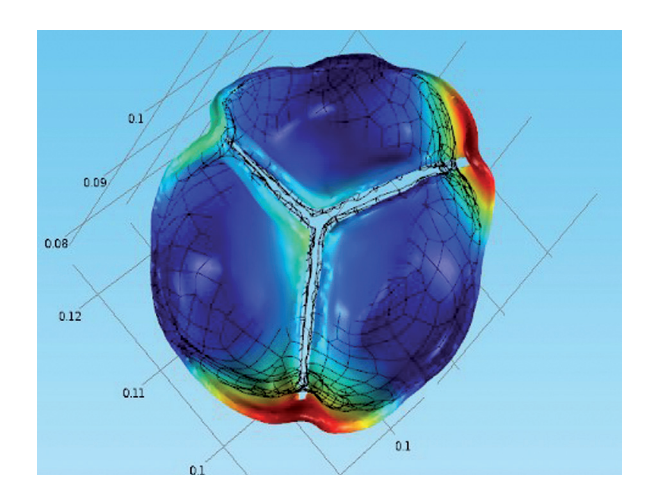


Abb. 9: *Aus Bilddaten rekonstruierte Aortenklappe als Basis der Prä-Operativen Planung*

gestützte Navigation für Brachytherapie und Bronchoskopie. Allen Projekten gemein ist eine enge Kooperation mit Partnern auf dem Campus, beispielsweise zu den Kliniken für Herzchirurgie, Radiologie, Pneumologie (MK III), Strahlentherapie / Brachytherapie und zum Institut für Biomedizinische Optik. Darüber hinaus bestehen überregionale und internationale Kontakt wie der Xi'an Jiaotong University in China und auch zu Unternehmen.

3. Lehre

In der Lehre deckt das Institut Pflicht- und Wahlveranstaltungen für die Studiengänge Informatik, Medizinische Ingenieurswissenschaften, Medizinische Informatik und Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften ab. Mit Einführung des Informatik-Anwendungsfachs Robotik und Automation kommen den Veranstaltungen Robotik, Medizinische Robotik, Kognitive Systeme und Künstliche Intelligenz besondere Bedeutung zu.

Das Gebiet der Robotik und Automation liegt an der Schnittstelle von Ingenieurswissenschaften, Informatik und Künstlicher Intelligenz. Die heutige Automobilindustrie, Maschinenbau, Nahrungsmittelindustrie und Medizintechnik, um nur einige Felder zu nennen, sind geprägt vom Einsatz von Roboter- und Automatisierungssystemen. Neben Verbesserungen der vorhandenen Roboter ist ein intensives Studium der Leistungen natürlicher Vorbilder unumgänglich. Diese dienen dann als Basis für technische Lösungen. Das beginnt beim Verhalten der neuronalen Steuerung von Bewegungsabläufen bei Insekten und deren »kollektiver Intelligenz« und geht bis hin zur Analyse kognitiver Leistungen der Menschen.

Im Bereich Medizintechnik gehören Wissenschaft und Technik in Deutschland zur Weltspitze. Dabei kommt dem Standort Lübeck als international anerkanntem Schwerpunkt für Medizinische Robotik und Medizintechnik besondere Bedeutung zu. Als eine der wenigen deutschen Universitäten verfügt Lübeck über zwei Institute, die sich auf diese Gebiete konzentrieren.

4. Promotionen und Workshops

Unser Institut kann auf zahlreiche erfolgreich abgeschlossene Promotionen zurückblicken. Unter unseren Promovenden sind auch der Fakultätspreisträger 2008, Alexander Schlaefer und der Behncken-Berger-Preisträger 2012, Floris Ernst.

Abb. 10 zeigt den Rekord: 3 Verteidigungen in einer Woche!

Abb 11 zeigt das Länderspiel auf der MICCAI-Konferenz 2007 in Brisbane, Australien. Als Teams standen sich gegenüber: USA gegen Rest-Der-Welt.







Abb. 10: *Maximilian Heinig, Lars Richter, Volker Martens, September 2012*

Abb. 11: *Fußballspiel USA gegen den Rest der Welt, 2007 Institutsdirektor A. Schweikard 1. v. l. Das Team Rest-Der-Welt gewann mit 3:0.*

Die Arbeitsgruppe Medizinische Robotik war an der Organisation verschiedener Workshops, vor allem zu Bewegungsausgleich und Behandlungsplanung in der Strahlentherapie beteiligt. Darüber hinaus wurde seit 2009 ein studentisches Projekt zur Anwendung von Methoden aus Robotik und Künstlicher Intelligenz durchgeführt, das schließlich zur mehrfachen Teilnahme am World Robotic Sailing Championship führte. Im Jahr 2011 wurde die Veranstaltung auf Initiative der Studierenden sogar in Lübeck ausgerichtet.

Abb. 12: *WRSC 2011 in Lübeck*

Institute of Mathematics and Image Computing (MIC) und Fraunhofer MEVIS Projektgruppe Bildregistrierung

http://www.mic.uni-luebeck.de

Judith Berger, Jan Modersitzki, Nils Papenberg, Bernd Fischer

1. Serienschnitte – Der Einstieg in die Bildregistrierung

Das Institut „Mathematics and Image Computing – Mathematische Methoden der Bildverarbeitung" ist eins der jüngsten Institute der MINT-Sektion der Lübecker Universität. Es ist 2010 gegründet worden. Seine Ursprünge reichen aber bis in das Jahr 1999.

Der Lübecker Anatom Dr. Oliver Schmitt (aktuell am Institut für Anatomie, Universität Rostock) beschäftigte sich mit der Frage der 3D Rekonstruktion eines menschlichen Gehirns auf der Basis von 2D Serienschnitten, welche zu gigantischen linearen Gleichungssystemen führte. Über Umwege trat er dann in Kontakt zu den Lübecker Numerikern Prof. Bernd Fischer und Dr. Jan Modersitzki am Institut für Mathematik. Gemeinsam mit Dr. Schmitt begann eine faszinierende Zusammenarbeit zwischen Mathematik und Medizin und der Grundstein für die Erforschung von mathematischen Modellen und Methoden im Umfeld der Bildregistrierung war gelegt.

Die erste gemeinsame Arbeit zum Thema Bildregistrierung ist dann 1999 gemeinsam publiziert worden.

Die von Oliver Schmitt aufgeworfene Frage fällt in den Bereich der Bildregistrierung. Hierbei geht es um die geometrische Normalisierung von Bilddaten. Diese spielt zum Beispiel bei der Korrektur von Deformationen (wie in dem Scheideprozess der Anatomie) oder Bewegungen (bspw. des Herzens oder der Lunge) oder der Fusion von Daten unterschiedlicher Modalitäten (CT, MR, SPECT, PET, US) eine ganz wesentliche Rolle.

Genauer definiert bedeutet Bildregistrierung Informationen mehrerer Datensätze gemeinsam nutzbar zu machen. Datensätze sind dabei Bilder oder abstrakte räumliche Informationen wie Punkte oder Oberflächen. Dafür ist die Berechnung eines so genannten Deformationsfeldes (Verschiebungsvektorfeldes) notwendig, das für jeden Punkt des einen Datensatzes angibt, wie dieser Punkt verschoben werden muss, damit er auf dem korrespondierenden Punkt des anderen Bildes landet.

Besonders in der Medizin kommt der Bildregistrierung eine Schlüsselrolle zu. Bei der Untersuchung von Lungen kann aus der Bewegung des Organs auf Erkrankungen geschlossen werden. Die Fusion unterschiedlicher Bildmodalitäten erlaubt dem Arzt genauere Einblicke in Anatomie und Funktion von Organen. Die später folgenden Beispiele geben hier weitere und vertiefende Einblicke.

Auch über die Medizin hinaus gibt es eine große Zahl an möglichen Anwendungen für Bildregistrierungsverfahren. Beispiele finden sich in der maschinellen Materialprüfung und Themenkomplexe wie Objektverfolgung und Bewegungserkennung sind eng mit der Bildregistrierung verwandt.

Mathematisch handelt es sich um eine ausgesprochen interessante und breite Aufgabenstellung. Erfolgreiche Ansätze erfordern Techniken aus den Bereichen Inverse Probleme, Bildverarbeitung, Optimierung, PDEs, Numerik, High Performance Computing und Modellierung.

SAFIR

Begeistert von der Anwendungsmöglichkeit mathematischer Techniken fokussierten Bernd Fischer und Jan Modersitzki ihre Arbeit auf mathematische Methoden in der Bildverarbeitung. Waren erste Arbeiten zunächst noch numerisch ausgerichtet, so erweiterte sich bald das Spektrum hin zu Fragestellungen der Modellierung. Über Vorlesungen und Seminare zur Bildregistrierung gelang es für dieses Thema auch Studierende zu begeistern, so dass im Jahr 2004 die Arbeitsgruppe SAFIR – solutions and algorithms for image registration – am Institut für Mathematik eingerichtet wurde.

Bei allen Aktivitäten der Arbeitsgruppe kristallisierte sich ein besonderer Teil des Selbstverständnis heraus: hoch aktuelle Verfahren aus der Mathematik in die Anwendung zu bringen zum Nutzen von Patienten und Klinikern. Besonders wichtig ist hierbei auch der direkte Kontakt zu Klinikern und Industrievertretern sowie das große Interesse an medizinischen Fragestellungen.

Als besonders erwähnenswerte Ereignisse aus den Jahren 2002 bis zur Institutsgründung 2010 können genannt werden:

Ein Forschungsaufenthalt von Bernd Fischer an der Stanford University legte den Grundstein für eine Kooperation

mit Prof. Brian Wandell.

Jan Modersitzki veröffentlichte 2003 die erste Monographie „Numerical Methods in Image Registration“ zum Thema Bildregistrierung bei Oxford University Press mit mittlerweile mehr als 700 Zitierungen.

Die Arbeit der Gruppe wurde mehrfach preisgekrönt. Beispielsweise seien hier der Heinrich-Dräger-Wissenschaftspreis für Dr. Stefan Heldmann und der staatliche Universitätspreis für Dr. Nils Papenberg erwähnt.

2009 erschien bei SIAM das zweite Buch von Jan Modersitzki mit dem Titel „FAIR – flexible algorithms for image registration“. Zusätzlich wurde eine MATLAB™-Bibliothek zum freien Download bereitgestellt, in der die im Buch geschilderten Verfahren umgesetzt sind.

Durch Lehrstuhlvertretungen (J. Modersitzki: Lehrstuhl für prakt. Mathematik, Hackbusch) und Auslandsaufenthalte (J. Modersitzki, Emory University, 2003; S. Heldmann, Emory University, 2005/06) wuchs die internationale Vernetzung der Gruppe.

Den Anspruch, Verfahren zu entwickeln, mit direktem Nutzen in klinischen Anwendungen, ist die Arbeitsgruppe in vielen Kooperationen nachgegangen. Diese reichen von lokalen Partnern über nationale Drittmittelprojekte bis hin zu Projekten mit Global Playern. Exemplarisch sind einige Projekte aufgeführt:

Mit der Firma Philips Medical Research aus Hamburg begann 2004 eine enge Zusammenarbeit. Mit der Finanzierung einer Drittmittelstelle wurde zunächst die Fragestellung der nicht homogenen Regularisierung untersucht. Forschungsziel war hierbei die Modellierung physiologischer Bewegungsabläufe. Durch neuartige Modellierung mit ortsabhängiger Regularisierung konnte die Qualität herkömmlicher Verfahren deutlich gesteigert werden. In einem zweiten Projekt ist untersucht worden, in wie weit eine Registrierung mit einer Segmentierung der dargestellten Strukturen verschränkt werden kann, so dass beide Methoden von den jeweiligen Ergebnissen des anderen Verfahrens profitieren können.

Im Januar 2005 begann die Kooperation mit der Firma MiE – medical imaging electronics GmbH aus Seth. In einem gemeinsamen Projekt wurde die Fragestellung untersucht, in wie weit Registrierungsverfahren bei der Rekonstruktion von nuklearmedizinischen Bilddaten helfen können. Ziel des gemeinsamen Projektes war die Entwicklung neuer Rekonstruktionsalgorithmen, die die auftretenden Bewegungen erkennen und während der Rekonstruktion ausgleichen, so dass eine neue, bewegungskorrigierte Aufnahme entsteht.

Die erste Zusammenarbeit zwischen MeVis Research Bremen, das heutige Institut Fraunhofer MEVIS, und der SAFIR-Gruppe begann 2005 im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts FUSION. Weitere wichtige Partner waren das Institut für Robotik der Universität zu Lübeck sowie die Klinik für Chirurgie des UKSH, Campus Lübeck. Ziel war hierbei die Erforschung neuer Methoden zur Leberchirurgie auf Grundlage einer bildbasierten individuellen Planung und einer navigierten Umsetzung.

Zur Planung von Leberoperationen ist es notwendig, ein genaues Bild der Lebergefäße zu erhalten. Hierzu wurden spezielle Registrierungsverfahren entwickelt, die Bilddaten exakt aufeinander abbilden konnten, die jeweils ein Gefäßsystem der Leber (portal, arteriell, venös) zeigten, ohne dass diese Gefäße aufeinander abgebildet werden. Dies ist durch die Formulierung von Nebenbedingungen, die die Lage der Gefäße codieren und das Lösen eines restringierten Optimierungsproblems möglich geworden.

Zur intraoperativen Navigation wurden Registrierungsverfahren entwickelt, die die Informationen der Operationsplanung auf intra-operativen Ultraschall übertragen. Diese Verfahren kombinieren Expertenwissen in Form von Landmarken mit den Bildinformationen aus Ultraschall und CT. Die Arbeiten wurden gemeinsam mit Mitarbeitern von Prof. Peter M. Schlaag, Charité – Universitätsmedizin Berlin vorangetrieben und evaluiert.

2. Gründung von MIC und Fraunhofer Projektgruppe

Durch die gemeinsame Arbeit im FUSION-Projekt haben sich MeVis Research und die SAFIR-Arbeitsgruppe inhaltlich kennengelernt. MeVis Research wurde 1995 unter Leitung von Prof. Dr. Heinz-Otto Peitgen als gemeinnützige GmbH in Bremen gegründet und hat sich in den letzten 18 Jahren zu einem der weltweit führenden Forschungs- und Entwicklungszentren für die Computerunterstützung in der bildbasierten Medizin entwickelt. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt dabei auf epidemiologisch bedeutsamen Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, des Gehirns, der Brust, Leber und Lunge sowie auf Krebserkrankungen. Zwei Punkte stehen dabei im Fokus: zum einen die Entwicklung patientenindividueller Lösungen für Fragestellungen der Diagnose und Therapie sowie zum anderen die genaue Einbettung dieser Lösungen in die klinischen Abläufe.

Beide Einrichtungen, SAFIR und MeVis besaßen ihrer jeweiligen Größe entsprechend sich gegenseitig ergänzende Expertisen; die Registrierungskompetenz aus Lübeck traf auf Visualisierung und Segmentierung sowie ein sehr großes klinisches Netzwerk von MeVis, so dass in mehreren Gesprächen zwischen 2008 und 2009 die gemeinsame Idee geboren wurde, die Arbeitsgruppen eng miteinander zu verflechten. Da im Januar 2009 MeVis Research als Fraunhofer MEVIS in die Fraunhofer-Gesellschaft eingetreten ist, entstand die Möglichkeit eine Fraunhofer Projektgruppe mit dem Schwerpunkt der Bildregistrierung in Lübeck anzusiedeln. Diese Idee ist im April 2010 mit der Gründung der Fraunhofer MEVIS Projektgruppe Bildregistrierung Wirklichkeit geworden.

Das Fraunhofer Konzept, aktuelle Forschungsergebnisse in direkter Zusammenarbeit mit der Industrie in die Praxis zu bringen, passt ausgezeichnet zu dem knapp 10 Jahre zuvor formulierten Anspruch, mathematische Expertise zum Wohle von Patienten und Klinikern einzusetzen.

Für fünf Jahre wird die Projektgruppe Bildregistrierung im Rahmen des Zukunftsprogramms Wirtschaft (ZPW) des Landes Schleswig-Holstein im Handlungsfeld „Investitionen in FuE-Infrastrukturen sowie Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft" mit Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) der Europäischen Union gefördert.

Um die Anbindung der Projektgruppe an die Universität zu Lübeck zu sichern und die Kompetenz im Umfeld der medizinischen Bildverarbeitung zu stärken, ist darüber hinaus im Januar 2010 das Institut für Mathematische Methoden der Bildverarbeitung – engl. Institute of Mathematics and Image Computing, MIC – gegründet worden. Beide Einrichtungen werden von den Professoren Dr. Bernd Fischer und Dr. Jan Modersitzki geleitet.

Ein Jahr nach der Gründung erfolgte im Juni 2011 der gemeinsame Umzug in die neuen Räume des Multifunktionscenters MFC II, direkt neben den Campus der Universität zu Lübeck und in die direkte Nachbarschaft zum UKSH.

3. Aktueller Stand

Seit ihrer Gründung sind beide Einrichtungen stetig gewachsen. Im Jahr 2013 beschäftigt das MIC aktuell zwei Professoren, zwei Doktoranden und eine Assistentin, die Fraunhofer MEVIS Projektgruppe Bildregistrierung mittlerweile 14 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und eine Assistentin.

Das Institute of Mathematics and Image Computing versteht sich als Brückenkopf zwischen der Grundlagenforschung auf der einen Seite und der klinischen und industriellen Anwendung ihr gegenüber, als Verbindung zwischen der Universität zu Lübeck und Fraunhofer MEVIS.

Diese Konstellation wirkt sich direkt auf das Anforderungsprofil der Mitarbeiter aus. Zu den Lehr- und Forschungsaufgaben, die ein Universitätsinstitut ausmachen, kommen durch die Fraunhofer Projektgruppe Tätigkeiten des Projektmanagement und der Softwareentwicklung hinzu. Die enge Kooperation mit Kliniken erfordert ein Sich-Einlassen auf andere Wissenschaftsfelder, das Erlernen anderer Fachsprachen und das Übertragen der eigenen Kompetenz in diese Bereiche.

Dieses verbreiterte Spektrum unter einem Dach zu vereinen ist eine besonders spannende Herausforderung, der sich das aus MIC und Projektgruppe bestehende Team stellt.

Als Konsequenz aus der engen Verbindung zur Industrie hat die Fraunhofer Projektgruppe ein Qualitätsmanagementsystem aufgebaut, um als Zulieferer für Hersteller von Medizinprodukten agieren zu können. Getragen war dies wiederum durch den Wunsch, die direkte Möglichkeit zu schaffen, Software für den klinischen Einsatz zu entwickeln. Dieses System ist seit März 2012 für die Bereiche

- EN ISO 9001:2008 - Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten auf dem Gebiet der Computerunterstützung für medizinische Diagnose und Therapie
- EN ISO 13485:2012 + AC:2012 - Entwicklung und Wartung von Komponenten für medizinische Software nach Kundenvorgaben

installiert und wurde im Dezember 2012 von der DEKRA erfolgreich zertifiziert.

In den letzten Jahren wurde die Bildregistrierung am MIC



Abb. 1: *Das Team von MIC und Projektgruppe im Sommer 2012*

von unterschiedlichen Entwicklungen dominiert: Methodisch sind hier die Weiterentwicklung von nicht-linearen und sogenannten diffeomorphen Verfahren unter der Einbeziehung von Nebenbedingungen zu nennen sowie die Entwicklung von Verfahren zur Masse-, Längen- und Volumenerhaltenden Registrierung. Zeitkritische Anwendungsgebiete werden mit schnellen Verfahren bedient. Aus Sicht der medizinischen Anwendung sind die folgenden Bereiche hervorgetreten: Follow-Up-Untersuchungen bei Brustkrebs, Motion-Correction bei DCE-MRI-Bilddaten, Verfahren zur genauen und schnellen Registrierung von Lungendaten, Fusion von nuklearmedizinischen und anatomischen Bildern, Verfahren zur Verbesserung der Rekonstruktion von nuklearmedizinischen Daten, navigierte Intervention, Therapieplanung in der Strahlentherapie, Korrektur von EPI-Daten sowie digitale Pathologie. In der Breite der dargestellten Projekte drückt sich die prinzipielle Notwendigkeit zur Bildregistrierung als vorangehender Arbeitsschritt bei der Arbeit mit medizinischen Bilddaten aus.

Die Kompetenz im Registrierungsumfeld manifestiert sich in einer wachsenden Zahl von öffentlich geförderten Drittmittelprojekten, beispielhaft ist neben dem bereits oben beschriebenen BMBF-geförderten Projekt FUSION (Förderkennzeichen: 01IBE03K), das MOIN-CC-Projekt (Projektnummer: 122-09-053) genannt.

Beispielhaft sind einige der aktuellen Projekte herausgestellt, die Einblicke in die klinische Fragestellung und die methodische Antwort darauf geben:

Echo Planar Imaging

Bei einem typischen fMRT-Experiment müssen Probanden im Scanner liegend kognitive Aufgaben lösen. Ziel ist die Untersuchung von funktionalen Abläufen im Gehirn. Dabei werden kontinuierlich Aufnahmen gemacht, um anschließend herauszufinden, wann und wo Hirnaktivität stattgefunden hat. Um möglichst viele Bilder während des Experimentes zu erhalten, werden speziell beschleunigte Messtechniken wie z.B. Echo Planar Imaging (EPI) eingesetzt. Die drastische Verringerung der Messzeit in EPI geht jedoch mit Qualitätseinbußen einher, die vornehmlich durch die hohe Empfindlichkeit gegenüber Inhomogenitäten des Magnetfeldes entstehen. Die Aufgabe des Projektes, das in enger Zusammenarbeit mit der Universität und dem Universitätsklinikum Münster durchgeführt wird, ist die Entwicklung spezieller Bildregistrierungsalgorithmen, die es erlauben, aus mehreren Aufnahmen ein verzerrungsfreies Bild zu ermitteln. Hohe Aufmerksamkeit liegt dabei auf der Berücksichtigung des physikalischen Modells, welches die inhomogenitätsbedingten Verzerrungen beschreibt.

Dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI)

DCE-MRIs sind zeitlich aufgelöste Kontrastmittel-MRTs und besitzen in der aktuellen Radiologie ein großes Anwendungspotential. Neben der Möglichkeit verschiedenste Gewebeveränderungen sichtbar zu machen, lassen sich über Anreicherungskurven des Kontrastmittels bisher unbekannte physiologische Gewebeparameter ableiten. In enger Kooperation mit der Universität Bergen entwickelt das MIC neue Algorithmen zur Funktionsanalyse der Niere. Zwei Fragestellungen ragen hierbei heraus: eine Stabilitätsanalyse für die Modelle, die die pharmakokinetischen Prozesse modellieren und die Entwicklung neuer Bildregistrierungsmethoden, die die lokal mit Kontrastmittel angereicherten MRTs überhaupt fusionieren können.

Molecular Imaging North Competence Center (MOIN-CC)

Ziel des Arbeitspakets im Projekt Molekulare Bildgebung von Entzündungen an Implantatoberflächen war die Verbesserung der Bildgebung und Bildverarbeitung bei SPECT-Aufnahmen. Bisherige Algorithmen erzeugten häufig Artefakte in der Rekonstruktion, wenn sich der Patient bewegte. Das bestehende Rekonstruktionsmodell wurde daher durch einen zusätzlichen Multilevelansatz zur Bewegungskompensation und eine Regularisierung erweitert. Die Artefakte in den Bildern konnten dadurch deutlich verringert werden.

Strahlentherapieplanung

Typische Zielstrukturen der Strahlentherapie sind Tumoren in der Lunge oder in der Prostata. Die Lunge ist durch die Atmung ständig in Bewegung und deformiert sich dabei nichtlinear. Die Prostata an sich ist zwar eine rigide Struktur, befindet sich jedoch in direkter Nachbarschaft der Blase, des Rektums und des Beckens, so dass ihre Lage in Abhängigkeit dieser sehr unterschiedlichen Strukturen stark variieren kann.

Da die Strahlentherapieplanung anhand eines Planungs-CT einige Zeit vor dem Eingriff erarbeitet wird, kann die Lage der Zielstrukturen am Tag der Intervention sich deutlich geändert haben, so dass die Planungsdaten auf die Intra-Session Situation angepasst werden müssen.

Die Projektgruppe entwickelt zurzeit Verfahren, die über Nebenbedingungen nicht-lineare mit parametrischer Bildregistrierung koppeln. So kann beispielsweise lokal Rigidität garantiert werden (auf Knochen und der Prostata), während der Rest des Bildes elastisch deformiert werden kann (siehe Abb. 2).

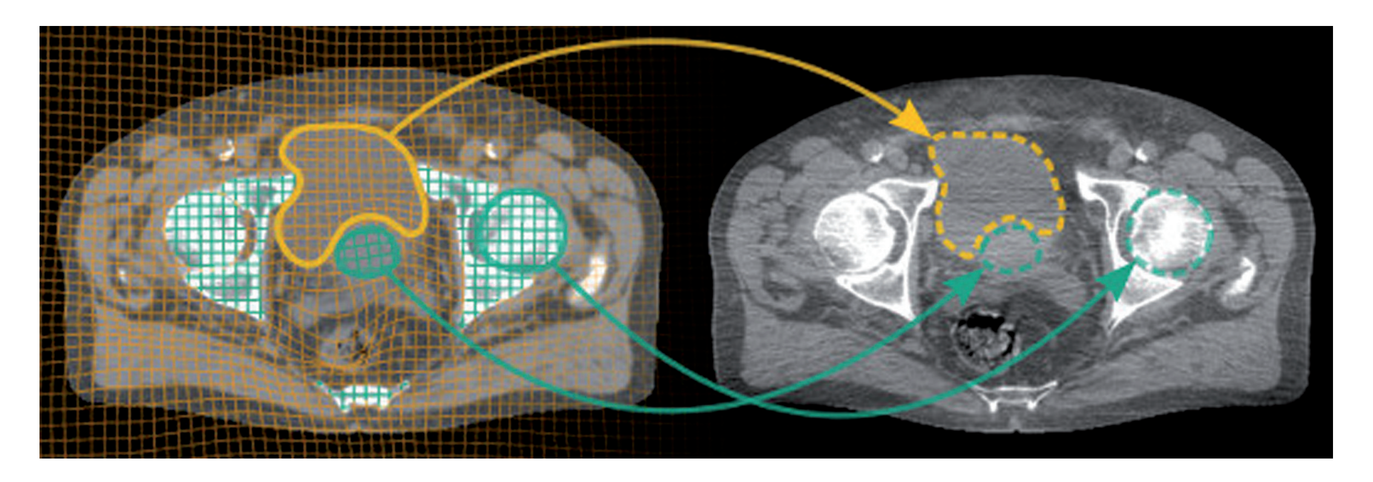


Abb. 2: *Übertragung der Planungsdaten auf das Intra-Session Bild. Dabei werden – durch Nebenbedingungen – in einer elastischen Deformation Strukturen lokal rigide behandelt.*

Lungenregistrierung

Lungendaten stellen das Paradebeispiel für die Notwendigkeit von nicht-linearen Registrierungsverfahren dar. Sie werden bspw. in der Strahlentherapie zur Bewegungskontrolle von Lungentumoren oder in der Diagnostik von Lungenfunktionsstörungen eingesetzt (vgl. Abb. 3). Zum Vergleich bestehender Methoden ist auf der internationalen Konferenz MICCAI 2010 der Wettbewerb EMPIRE 10 ausgerufen worden. Dieser Wettbewerb ist immer noch offen und aktuell belegt der am Institut entwickelte Algorithmus dort den viertbesten Platz von über 30 Einreichungen. Er ist jedoch der mit Abstand schnellste unter den ersten sechs Verfahren.

Weitere Arbeiten im Umfeld der Lungenregistrierung umfassen die Kombination von landmarken- und intensitätsbasierten Verfahren. Dabei werden die Landmarkenkorrespondenzen als Nebenbedingungen für restringierte Optimierungsprobleme formuliert.

Aktuell werden die Verfahren zur Lungenregistrierung in Kooperation mit der Diagnostic Imaging Analysis Group in Nijmegen, Niederlande, in der klinischen Praxis evaluiert.

Digitale Pathologie

Unter digitaler Pathologie werden seit wenigen Jahren die digitale Erstellung, Archivierung und Verarbeitung von Bilddaten aus der Pathologie zusammengefasst. Aufgrund der immensen Größe der Daten (Auflösung der Bilder typischerweise 100.000 x 200.000 Pixel; mehrere Gewebeblöcke, unterschiedlich gefärbte Schnitte; ca. 80 GB pro Patient und Probe) ist ein umfassendes Konzept zur Verarbeitung und Archivierung notwendig.

Die Projektgruppe interessiert sich in Zusammenarbeit mit Pathologen und Geräteherstellern aktuell für zwei Fragestellungen besonders:

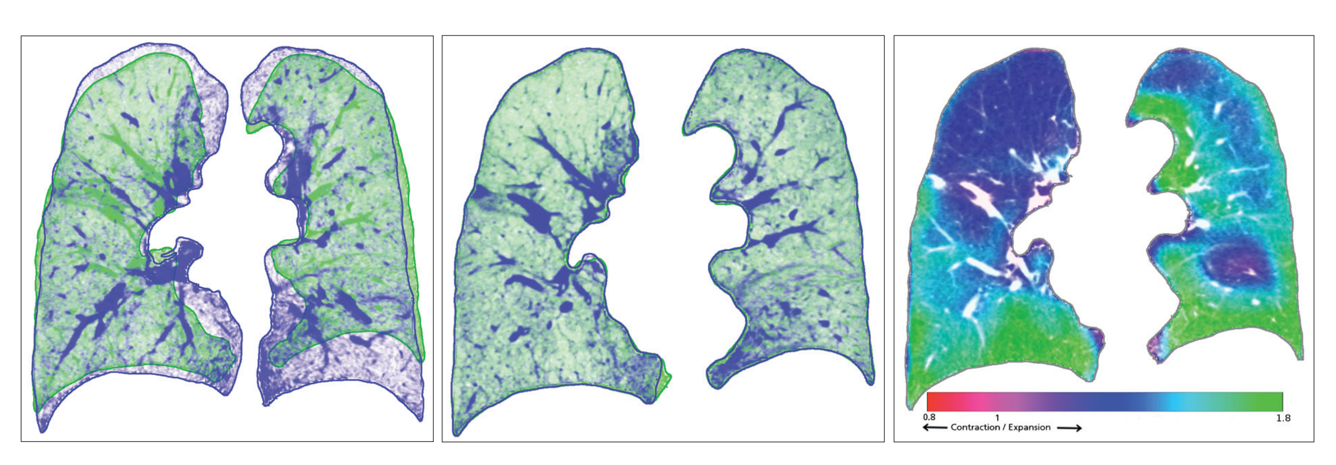


Abb. 3: *Maskierte Lungen vor (links) und nach (mitte) der Registrierung. Rechts ist die Jacobideterminante der Deformation farbkodiert gezeigt. Sie kann sowohl zu diagnostischen Zwecken als auch zur Beurteilung der Registrierung selbst genutzt werden.*

Für virtuelle Doppelfärbungen werden aufeinanderfolgende Schnitte desselben Gewebes unterschiedlich gefärbt, um verschiedene Eigenschaften des Gewebes (wie Zellkerne oder Gefäße) sichtbar zu machen. Diese sollen dann übereinander abgebildet werden, um ein hochinformatives Bild zu geben. Hierfür werden geeignete Registrierungsverfahren benötigt, die die beim Schneiden entstehenden Stauchungen oder Risse ausgleichen. Herausforderungen liegen hier in der Bestimmung von geeigneten Ähnlichkeitsmaßen und natürlich bei der Entwicklung angepasster Speicherkonzepte, um die Bildgrößen zu beherrschen.

Eine andere Fragestellung berührt wieder den geschichtlichen Ausgangspunkt der SAFIR-Arbeitsgruppe. Zur dreidimensionalen Rekonstruktion von Tumorgewebe wird genauso verfahren, wie bei der Rekonstruktion der oben beschriebenen Serienschnitte. Abb. 4 zeigt die 3D Rekonstruktion eines Lungentumors, der im Wechsel mit vier verschiedenen Färbungen behandelt wurde.

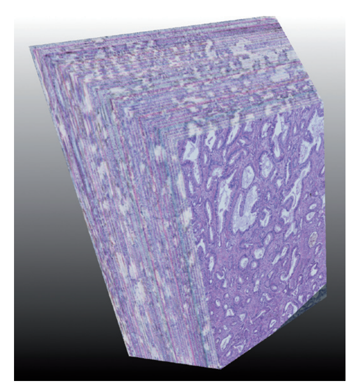
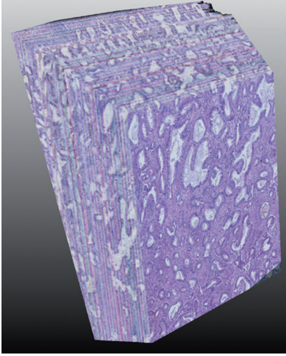



***Abb. 4:** 3D Rekonstruktion von 170 Schichten nach affiner (links) und elastischer (rechts) multimodaler Registrierung (Registrierter Ausschnitt 2048x2048 Pixel, Pixelgröße 1 µm²). In den virtuellen Anschnitten wird deutlich, dass Strukturen nach elastischer Registrierung sehr viel besser zu erkennen sind.*

Durch die Vielzahl an Kooperationen in den Projekten und durch ihre mittlerweile mehr als 10jährige Geschichte ist eine Stärke von MIC und Projektgruppe ihre Vernetzung. Neben engen Kooperationen mit den Lübecker Instituten für Mathematik, Medizinische Informatik, Medizintechnik, Neuro- und Bioinformatik und Robotik bestehen teils sehr enge Kontakte zu den Arbeitsgruppen von

- Martin Burger, Universität Münster
- Carsten Wolters, Universität Münster
- Claus C. Glüer, Universität Kiel
- Ulrich Sure, Universität Duisburg-Essen
- Joachim Weickert, Universität des Saarlandes
- Stefan Ehlers, Leibniz-Zentrum Borstel
- Martin Rumpf, Universität Bonn
- Hans-Christian Hege, Zuse Institut Berlin
- Hans-Peter Meinzer, DKFZ Heidelberg
- Stephan Saalfeld, Max-Planck Institut, Dresden
- Joachim Hornegger, Universität Erlangen
- Ullrich Rüde, Universität Erlangen
- Nassir Navab, TU München
- Tracy Faber, Emory University
- Erny Garcia, Emory University
- Jim Nagy, Emory University
- Brian Wandell, Stanford University
- Anne Martell, Sunnybrook Hospital, Toronto
- Adrian Nachman, University of Toronto
- Rasmus Larsen, Danmarks Tekniske Universitet
- Hans Knudson, Linköping Universitet
- Sir Henk van der Vorst, Utrecht
- Steven Keeling, Universität Graz
- Chen Greif, University of British Columbia
- Mike Noseworthy, McMaster University
- Tamas Terlaky, McMaster University
- David Koff, Radiology, McMaster University
- Eldad Haber, University of British Columbia
- Lars Ruthotto, University of British Columbia
- Daniel Rückert, Imperial College London
- Sebastian Ourselin, University College London
- Xavier Pennec, INRIA
- Josien Pluim, University Medical Center, Utrecht
- Otmar Scherzer, Universität Wien
- Zanna Munthe Kaas, Universitetet i Bergen

sowie zu vielen Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft.

4. Lehre

Das Institut ist in der Lehre der Studiengänge Informatik, Mathematik in Medizin und Lebenswissenschaften (MML), Medizinische Ingenieurswissenschaft (MIW) und Medizinische Informatik (MI) beteiligt. Es bietet dort in den Bachelorstudiengängen Vorlesungen zur mathematischen Grundausbildung an. In den Masterstudiengängen werden Vertiefungsvorlesungen und Seminare gehalten, die an die Forschungsschwerpunkte des Instituts heranführen.

Die Einsteigervorlesung Lineare Algebra und Diskrete Strukturen (LADS) wird in zwei Teilen jeweils beginnend im Wintersemester gehalten. Sie verfolgt den Anspruch, mathematisch exakte Inhalte abgestimmt auf die Erfordernisse für Informatiker und Ingenieure anzubieten.

Die zweite Grundlagenvorlesung ist die Optimierung. Sie umfasst neben der linearen auch die nicht-lineare Optimierung mit und ohne Nebenbedingungen, sowie diskrete Optimierung.

Der zweite Schwerpunkt der Lehre umfasst den gezielten

Aufbau von Kompetenz im Umfeld mathematischer Methoden zur Bildverarbeitung und –registrierung. Die folgenden Vorlesungen werden in Form eines zweijährlichen Zyklus gehalten, sie befassen sich mit folgenden Themen:

- Bildregistrierung
  - Interpolation
  - Transformationsmodelle
  - Landmarkengestützte Registrierung
  - Parametrische Bildregistrierung
  - Elastische Registrierung
  - Registrierung unter Nebenbedingungen

- Numerik der Bildverarbeitung
  - Modellierung und Diskretisierung
  - Numerische Verfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen
  - Multilevel und Multikalen Strategien
  - Optimierungsverfahren
  - Multigrid-Verfahren
  - Operator-Splitting

- Mathematische Methoden der Bildverarbeitung
  - Bildverarbeitung
  - Digitale Bilder
  - Operatoren im Originalbereich
  - Operatoren im Fourierbereich
  - Deblurring
  - Methoden der Total Variation
  - Segmentierungsverfahren
  - Levelsetmethoden

- Einführung in die Variationsrechnung und partielle Differentialgleichungen
  - Einführung in die Variationsrechnung
  - Einführung in Partielle Differentialgleichungen
  - Deblurring
  - Segmentierungsverfahren
  - Registrierung

Das MIC betreut neben den Vorlesungen auch das interdisziplinäre Seminar im Studiengang MML. Das Seminar findet jeweils im Wintersemester statt und beinhaltet Themen, die an der Schnittstelle zwischen Mathematik und ihrer Anwendung stehen.

Darüber hinaus werden in jedem Semester Themen für Oberseminare und qualifizierende Abschlussarbeiten angeboten. Aufgrund der Verzahnung von Universitätsinstitut und Fraunhofer Projektgruppe können Studierende hierbei ihr in den Vorlesungen erworbenes theoretisches Fundament in aktuellen Fragestellungen der klinischen Anwendung einsetzen. Die Qualität der Arbeiten zeigt sich auch an deren Auszeichnungen, so seien hier beispielhaft die Arbeiten von A. Derksen (Focusfinder 2011), L. König (bester Masterabschluss in MML 2012) und R. Berg (Börje Holmberg Award 2012) genannt.

Im Jahr 2010 war das Institut Ausrichter der Konferenz „Workshop on Biomedical Image Registration" (WBIR). Den Vorsitz hatten neben Prof. Bernd Fischer, Prof. Benoit M. Dawant (Vanderbilt University) und Dr. Christian Lorenz (Philips Research, Hamburg). Die WBIR findet regelmäßig in einem zwei Jahres Turnus statt und gilt als internationale Spezialkonferenz zum Thema Bildregistrierung. Der Workshop brachte über 60 Forscher nach Lübeck. Eingeladene Vortragende waren: Zhang-Hee Cho (Neuroscience Research Institute, Gachon University of Medicine and Science, Korea), Prof. Joachim Weickert (Universität des Saarlandes), Prof. Xavier Pennec (INRIA, Frankreich) und Prof. Ulrich Sure (Klinik für Neurochirurgie, Universität Duisburg-Essen).

Im darauffolgenden Jahr richtete das Institut die Jahrestagung der Initiative Bildverarbeitung e.V. aus, die Forschungseinrichtungen und Industrie im Raum Schleswig-Holstein und Hamburg zusammenbringt. Diese fand im Juni 2011 in den Räumen des MIC und der Universität zu Lübeck statt und bot auch Studierenden einen Einblick in aktuelle Entwicklungen der Branche.

Die internationale Expertise in der Bildregistrierung zeigt sich auch in der Vielzahl von eingeladenen Workshops für Doktoranten und PhD-Studenten:

- Universidad de Zaragoza, 2006
- Danmarks Tekniske Universitet, 2006
- Universidade de Coimbra, 2010
- Linköong Universitet, 2010
- Université de Montreal, 2011
- Universitetet i Bergen, 2011

sowie an Workshops auf Konferenzen

- Bildverarbeitung für die Medizin, BVM 2006, Hamburg
- Bildverarbeitung für die Medizin, BVM 2007, München
- MICCAI 2012, Toronto.

Zu unserer großen Bestürzung und völligen Überraschung erkrankte Prof. Dr. Bernd Fischer im Oktober 2012 schwer und verstarb am 15. Juli 2013. Das MIC und die Fraunhofer MEVIS Projektgruppe Bildregistrierung verdanken ihm sehr viel.

Technologietransfer der Universität zu Lübeck

Kanina Botterweck



Dienstleistungen und Services für Wissenschaft und Wirtschaft

Seit vielen Jahren engagiert sich die Universität zu Lübeck erfolgreich im Technologietransfer. Im bundesweiten Vergleich hält die Universität einen Spitzenplatz inne und gehörte beim BMBF-Wettbewerb zu Austauschprozessen zwischen Hochschulen und Unternehmen im Jahr 2007 zu den bundesweit fünf besten Hochschulen.

Die Aktivitäten im Technologietransfer werden für die Universität zu Lübeck seit kurzem durch die Transferplattform MEDISERT (**Medi**cal **Ser**vices and **T**echnologies) in Personalunion mit der Stabsstelle Technologietransfer der Universität zu Lübeck gebündelt und systematisiert. Die MEDISERT GmbH wurde 2012 aus dem Kompetenzzentrum TANDEM (Competence Center for **T**echnology **and E**ngineering in **M**edicine) heraus als eine Tochter der Universität zu Lübeck (75 %) mit Beteiligung der Fachhochschule Lübeck (25 %) gegründet und ist damit im Eigentum der beiden Hochschulen am BioMedTec Wissenschaftscampus Lübeck. So können die Interessen der Hochschulen unabhängig von Partikularinteressen privater Eigentümer wahrgenommen werden.

Die Medisert GmbH ist außerdem die Geschäftsstelle des BioMedTec Wissenschaftscampus Lübeck und fungiert für Unternehmen, externe Partner und Campusangehörige als die zentrale Ansprechstelle für alle Fragen des Technologietransfers auf dem Campus, insbesondere für Dienstleistungen im Bereich der Medizin und des Wissens- und Technologietransfers, der Fachkräftevermittlung, der Weiterbildung und Qualifizierung sowie der Grundlagen-, anwendungsbezogenen und Auftragsforschung und -entwicklung an beiden Hochschulen. Aufgaben sind u.a. die Koordination von Drittmittelprojekten, die Präsentation von Forschungsaktivitäten der Partner des BioMedTec Wissenschaftscampus sowie ein systematisches Marketing. Das Serviceangebot reicht von Forschungskooperationen über die Beratung von Unternehmen bei Förderanträgen, Seminaren und Weiterbildung, Kongressmanagement, Fachkräftethemen bis hin zu Beratungsleistungen sowie Seminaren für regulatorische Fragestellungen.

Der BioMedTec Karrieretag, die BioMedTec Studierendentagung und nicht zuletzt das Jobportal des Campus sind Aktivitäten, die Unternehmen und Studierende, Absolventinnen und Absolventen und wissenschaftliche Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen systematisch ins Gespräch bringen sollen.

Medisert kooperiert mit allen auf dem BioMedTec Wissenschaftscampus ansässigen Transferorganisationen.

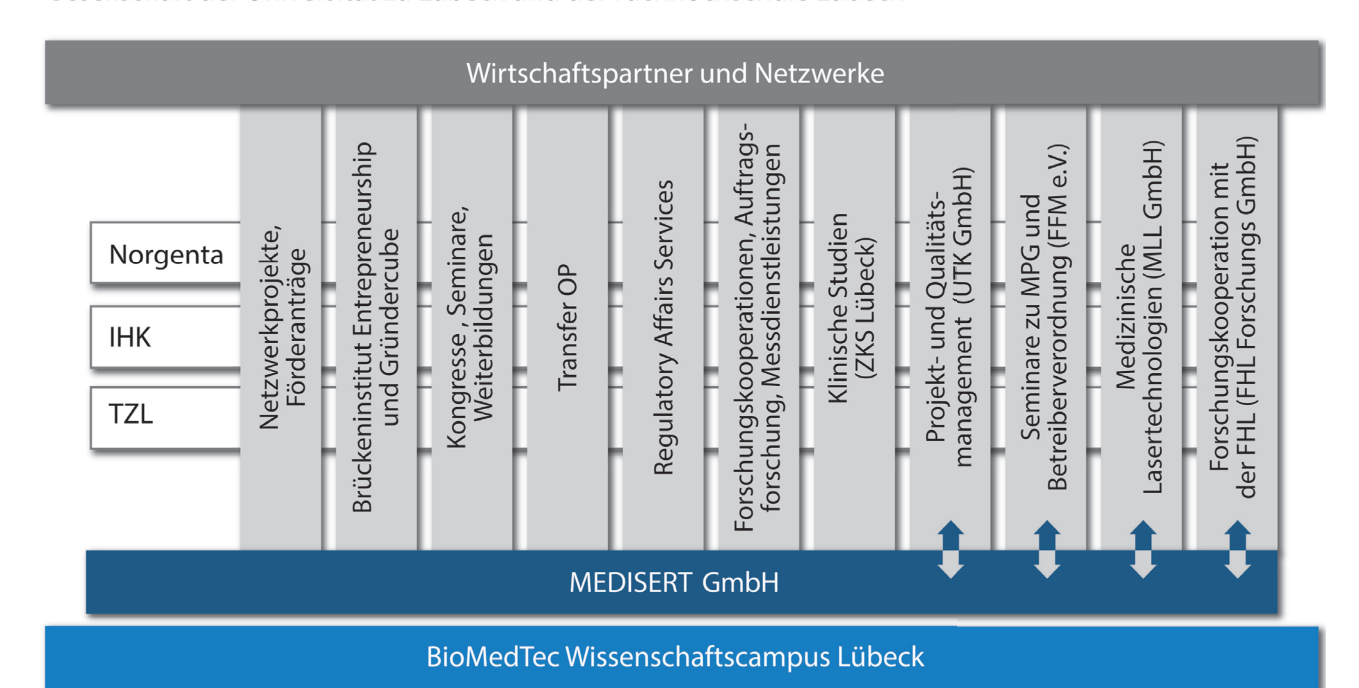
Im Bereich der Biophotonik ist die Medizinische Laserzentrum Lübeck GmbH (MLL) als gemeinnützige, nicht öffentliche Gesellschaft unter Beteiligung von Unternehmen, der Universität zu Lübeck, der Fachhochschule Lübeck und des UKSH als Gesellschafter seit 25 Jahren im Bereich angewandter Forschung und Technologietransfer aktiv. In enger Kooperation mit dem Institut für Biomedizinische Optik (BMO) werden Ideen sowie neue Methoden und Techniken zusammen mit Kliniken entwickelt und erprobt und anschließend von der Industrie in innovative Produkte umgesetzt.

Die UniTransferKlinik Lübeck GmbH als Koordinations- und Schnittstelle zwischen klinischer Forschung und Wirtschaft übernimmt wichtige Managementaufgaben bei der Entwicklung neuer marktfähiger Produkte insbesondere zum Qualitätsmanagement (QM). Die UniTransferKlinik, ebenfalls unter Beteiligung der Wirtschaft, der Universität zu Lübeck, der Fachhochschule Lübeck und des UKSH als Gesellschafter pflegt ein umfangreiches Netzwerk in Wirtschaft und klinischer Forschung, insbesondere in Bezug auf die chirurgische Medizin.

Das OP-Forum ist ein Gemeinschaftsprojekt der Klinik für Chirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck und der UniTransferKlinik der Universität zu Lübeck. Das OP-Forum stellt die Infrastruktur und leistet die Organisation, um Wissenschaftlern der medizinischen und der technisch-naturwissenschaftlichen Sektionen mit klinischen Anwendern und Partnern aus der Industrie in Projekten zu vernetzen, die die Entwicklung, Erprobung und Integration medizintechnischer Innovationen zum Ziel haben. Hierzu wurde ein voll ausgestatteter Transfer-OP für vorkli-

Medisert: Technologietransferplattform des BioMedTec Wissenschaftscampus

Gesellschaft der Universität zu Lübeck und der Fachhochschule Lübeck



nische Erprobung von neuen Methoden, Techniken und Geräten eingerichtet. Ein zweiter Schwerpunkt des OP-Forums ist die Aus- und Weiterbildung des medizinischen Personals; vom Studierenden bis zum Spezialisten wird dabei jeder Anwendergruppe eine individuelle Trainingsumgebung geboten (Weiterbildungs-OP).

Das Zentrum für Klinische Studien (ZKS) trägt in Kooperation mit universitären Forschungseinrichtungen, mit Studiengruppen, mit der pharmazeutischen und der medizintechnischen Industrie zur beschleunigten Umsetzung von Entwicklungen der universitären medizinischen Grundlagenforschung in die klinische Praxis bei.

Darüber hinaus gibt es zahlreiche Transferkooperationen einzelner Institute und Professorinnen und Professoren mit Firmen, die zum Teil Ausgründungen aus den jeweiligen Instituten sind. Hier sind unter anderem im Bereich der Biophotonik die Thorlabs GmbH und die Opto-MedTec GmbH, die Firmen Consideo GmbH und Pattern Recognition Company GmbH (PRC) in enger Kooperation mit dem Institut für Neuro- und Bioinformatik und die Firma Cyber Knife GmbH aus dem Institut für Robotik zu nennen, die alle in der Region Lübeck angesiedelt sind und die räumliche Nähe zu den Forschungsinstituten schätzen.

Kontakt:
Kanina Botterweck,
Dezernatsleiterin Technologietransfer
der Universität zu Lübeck
Geschäftsführerin der Medisert GmbH
Tel. +49 (0)451 500-3900,
botterweck@medisert.uni-luebeck.de
www.biomedtec-campus.de/transfer
www.medisert.de

Impressum

focus uni lübeck Sonderheft 2013

Herausgeber: Sektion Informatik/Technik der Universität zu Lübeck

Redaktion dieser Sonderausgabe: Prof. Dr. rer. nat. Volker Linnemann, Angela König

Produktion und Gestaltung: René Kube, Angela König

Anschrift: Universität zu Lübeck, Ratzeburger Allee 160, 23562 Lübeck

Auflage: 2.500 Exemplare

Druck: Kaiser & Mietzner, Kahlhorststraße 2a, 23562 Lübeck, Telefon (04 51) 59 92 41

Redaktionsschluss: 19. Juli 2013

Fotonachweis: Seiten 2, 4, 7 René Kube, Seite 6 Olaf Bathke, Seite 8 SILZ & SILZ

Wir bedanken uns für die Unterstützung der Jubiläumsveranstaltung bei:









